

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:
DESARROLLO DE UN BASTÓN ELECTRÓNICO PARA MEJORAR LA
MOVILIDAD DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL APOYADO
MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL.**

**AUTORES:
JONATHAN ANDRÉS CONDO SIMBAÑA
CRISTIAN ENRIQUE MOLINA CHÁVEZ**

**TUTOR:
GUSTAVO JAVIER CAIZA GUANOCHANGA**

Quito, febrero del 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Jonathan Andrés Condo Simbaña, con documento de identificación N° 1725525297 y Cristian Enrique Molina Chávez con documento de identificación N° 1724378367, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DESARROLLO DE UN BASTÓN ELECTRÓNICO PARA MEJORAR LA MOVILIDAD DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL APOYADO MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Jonathan Andrés Condo Simbaña

C.I.1725525297



Cristian Enrique Molina Chávez

C.I. 1724378367

Quito, febrero del 2019

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “DESARROLLO DE UN BASTÓN ELECTRÓNICO PARA MEJORAR LA MOVILIDAD DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL APOYADO MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL”, realizado por Jonathan Andrés Condo Simbaña y Cristian Enrique Molina Chávez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero del 2019



Gustavo Javier Caiza Guanochanga

C.I. 1721192191

DEDICATORIAS

Nuestra tesis la dedicamos a Dios, quien ha sido nuestra guía a lo largo de toda la Carrera, llevándonos por el camino del bien, brindándonos la fuerza para siempre seguir adelante y no desfallecer en las dificultades que se presentaron; enseñándonos a superar las adversidades y a no decaer en el intento.

A nuestras familias por su apoyo incondicional, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos más difíciles y por apoyarnos con los recursos necesarios para culminar nuestros estudios. Nos han dado todo para ser las personas que somos, nuestros valores, principios, carácter, empeño, perseverancia y coraje para siempre conseguir nuestros objetivos.

También queremos dedicar este proyecto a las personas que nos incentivaron en el desarrollo del bastón electrónico que presentan discapacidades visuales quienes buscan incansablemente una mejor calidad de vida, superación personal y aceptación dentro de la sociedad.

Cristian Enrique Molina Chávez
Jonathan Andrés Condo Simbaña

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis es el producto de esfuerzo y valentía que, día a día, nuestros padres han sabido guiarnos, con su esfuerzo, dedicación y, sobre todo, con su amor. Por ello hemos podido culminar nuestra carrera en la Universidad Politécnica Salesiana.

Quiero agradecer de todo corazón a mis padres Mónica Simbaña y Wilson Condo que mediante su esfuerzo me han ayudado a culminar esta parte tan importante de mi vida profesional, su paciencia ha forjado en mí a un hombre de bien y con grandes valores; quiero agradecer a mis hermanos por estar conmigo en los momentos más difíciles, mediante sus alientos me dieron fuerzas para persistir y no desmayar; un profundo agradecimiento a mi compañero de tesis Cristian Molina quien durante gran parte de la carrera con sus consejos enseñanzas y sobre todo aliento me ha ayudado a crecer como persona.

Por su apoyo, enseñanzas, alientos, oraciones les agradezco a mis amigos y familia de todo corazón. Este es un gran paso en mi vida.

Jonathan Condo

Agradezco a Dios por bendecirme en la carrera, a mis padres Luis y Laury por todo el amor, sacrificio, apoyo, motivación y fuerzas para no darme por vencido en los momentos más difíciles para terminar mi carrera; a mi hermana Roxi por sus palabras de aliento para seguir mis sueños y estar siempre a mi lado; agradezco a mis abuelitos Olga y Jorge que siempre han sido una guía en mi vida; a mi compañero de tesis Jonathan por el apoyo en la carrera y en la culminación del proyecto. A todos mis compañeros, profesores y amigos que fueron parte de este viaje y dejaron grandes enseñanzas en mi vida... ¡Dios les pague!

Cristian Molina

Agradecemos a nuestro tutor de tesis el MSc. Gustavo Caiza, quien es una persona honorable, humilde, paciente, que mediante sus enseñanzas en el aula de clases, su apoyo, incondicional, brindado durante el desarrollo de este Trabajo de Titulación a través del conocimiento y guía necesarios para poder culminarlo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
INDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPITULO 1.....	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Tema.....	3
1.5 Beneficiarios de la propuesta.....	3
CAPITULO 2.....	5
ESTADO DE ARTE.....	5
2.1 Discapacidad Visual	5
2.2 Educación para las personas con discapacidad en la antigüedad	5
2.3 Discapacidad Visual en el Mundo.....	5
2.4 Discapacidad Visual en Latinoamérica	6
2.5 Discapacidad visual en el Ecuador	6
2.6 Problemas de movilidad de las personas con discapacidad visual en Quito .	7
2.7 Historia del bastón para personas con discapacidad visual	8
2.8 Bastón	8
2.8.1 Tipos de Bastones	8
2.8.2 Funciones del bastón	9
2.8.3 Partes del bastón.....	9
2.9 Colores del bastón	10

2.9.1 Bastón Blanco	10
2.9.2 Bastón Blanco y rojo	11
2.9.3 Bastón verde.....	11
2.10 Técnicas de Prebastón	11
2.10.1 Técnica de rastreo	11
2.10.2 Técnica de encuadre.....	11
2.10.3 Técnica de cubrirse	11
2.11 Técnicas para utilizar el bastón	12
2.11.1 Técnica Diagonal	12
2.11.2 Técnica básica	12
2.11.3 Técnica de alinearse.....	12
2.12 Sistema de Posicionamiento Global.....	12
2.12.1 Funcionamiento	12
2.13 Sistema de Ubicación.....	13
2.13.1 Segmento de espacial.....	13
2.13.2 Segmento de control	13
2.13.3 Segmento de Usuario	14
2.14 Sistema Global para las Comunicaciones	14
2.15 Paquete General de Radio Servicio.....	15
2.16 SIM808 Modulo GSM/GPS/GPRS.....	15
2.17 Raspberry Pi	16
2.18 Python	17
2.19 Librería OpenCV	18
2.20 Métodos para la comparación de plantillas.....	18
2.20.1 Método CV_TM_SQDIFF.....	18
2.20.2 Método CV_TM_CCORR.....	18
2.20.3 Método CV_TM_CCOEFF	19
2.20.4 Método CV_TM_CCOEFF_NORMED.....	19
2.21 Google	19
2.22 Google Maps	19
2.23 Señales y colores de seguridad.....	20
2.23.1 Señal de prohibición	20
2.23.2 Señal de obligación.....	20
2.23.3 Señal de Precaución:	21
2.23.4 Señal de condición segura.....	21

CAPITULO 3.....	22
DESARROLLO.....	22
3.1 Diagrama general de funcionamiento.....	22
3.2 Diagrama general del prototipo	23
3.3 Raspberry Pi 3 B.....	23
3.4 SIM 808.....	24
3.5 Micromotor.....	24
3.6 Raspberry pi Cámara.....	24
3.7 Pulsador	24
3.8 Sensor Ultrasónico	25
3.9 Python comunicación serial	25
3.10 Detector de obstáculos	26
3.11 Sistema de Ubicación.....	27
3.12 Descripción de la trama del GPS	28
3.13 Proceso de ubicación mediante SMS	30
3.14 Sistema de Visión Artificial	31
3.14.1 Proceso de detección de color mediante la librería Numpy.....	31
3.14.2 Método de suavizado de bordes GaussianBlur	33
3.14.3 Método para la detección de contornos Canny	33
3.14.4 Comparación de Plantillas	34
3.14.5 Librería para la reproducción de audios Mpg321	35
3.14.6 Método de comparación de bordes MatchShapes.....	36
CAPITULO 4.....	37
PRUEBAS Y RESULTADOS	37
4.1 Pruebas de distancia frente a un obstáculo	37
4.2 Pruebas de ubicación de la persona	38
4.3 Pruebas de detección de formas	42
4.4 Validación del bastón electrónico	44
4.5 Resultados obtenidos con personas no videntes	48
4.6 Relación de costos con dispositivos en el mercado	49
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Tipo de Discapacidad en forma porcentual	7
Figura 2.2 Partes del Bastón para personas con discapacidad Visual.....	10
Figura 2.3 Elementos del sistema de Ubicación GPS	14
Figura 2.4 Partes de la MiniSim808.....	16
Figura 2.5 Elementos que conforman la Raspberry 3B	17
Figura 3. 6 Diagrama General de funcionamiento	22
Figura 3.7 Sensor Ultrasónico.....	25
Figura 3.8 Grafica pwm vs distancia.....	26
Figura 3.9 Detección de obstáculo	27
Figura 3.10 Sistema de Ubicación	27
Figura 3.11 Sistema de Ubicación en caso de emergencia	28
Figura 3.12 Modelo de Color HSV	32
Figura 3.13 Detección de Color	32
Figura 3. 14 Suavizado de Bordes	33
Figura 3. 15 Contornos de flechas	34
Figura 3. 16 Flechas guía	35
Figura 3. 17 Comparación de plantilla.....	36
Figura 4. 18 Procesamiento de Distancia y PWM	37
Figura 4.19 Identificación de latitud y longitud.....	39
Figura 4.20 Recepción de mensaje de ubicación	39
Figura 4.21 Acceso y vinculo de la aplicación Google Maps.....	40
Figura 4.22 Ubicación mediante Google Maps.....	40
Figura 4.23 Reconocimiento de la Flecha adelante	43
Figura 4.24 Reconocimiento de la Flecha adelante	43
Figura 4.25 Reconocimiento de la Flecha adelante	44
Figura 4. 26 Pruebas de detección de flechas	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Número de personas con discapacidad	7
Tabla 2.2 Elementos del segmento de control	14
Tabla 2.3 Características de operación de la MiniSim808.....	15
Tabla 2.4 Características técnicas de la raspberry Pi 3B	17
Tabla 3.5 Asignación de pines para el bastón Electrónico.....	23
Tabla 3.6 Trama del GPS	29
Tabla 4.7 Verificación de salida PWM.....	38
Tabla 4.8 Error del Sistema de Ubicación	41
Tabla 4.9 Flecha adelante estática.....	45
Tabla 4.10 Flecha adelante en movimiento.....	45
Tabla 4.11 Flecha izquierda estático	46
Tabla 4.12 Flecha izquierda en movimiento	46
Tabla 4.13 Flecha derecha estático	47
Tabla 4.14 Flecha derecha en movimiento	47
Tabla 4.15 Resultados de Identificación de flechas	48
Tabla 4.16 Valoraciones de uso del bastón electrónico	49
Tabla 4.17 Relación de costos con dispositivos en el mercado	49

RESUMEN

El bastón electrónico apoyado con visión artificial permite mejorar la movilidad y seguridad de las personas con discapacidad visual; se encuentra dotado de un sistema embebido, que permite realizar el control de todos los sistemas para la detección de obstáculos, mensajes de texto con ubicación y detección de formas con visión artificial. Cuenta con un motor vibratorio para la detección de obstáculos, cámara para el reconocimiento de formas y sonidos para la guía de la persona en recorridos seguros. Para la primera parte se determinó realizar la variación de vibración de forma inversa a la distancia del obstáculo para determinar la cercanía al mismo en el recorrido; el sistema de ubicación cuenta con dos alternativas. La primera en el caso de querer conocer la ubicación de la persona, el familiar realiza el envío de un mensaje de texto, el sistema reconoce la ubicación y le responde mediante un mensaje de texto para acceder por medio de la aplicación Google Maps. La segunda alternativa está guiada para situaciones de emergencia cuando la persona requiera ayuda por medio del botón de pánico se realiza el envío de su ubicación a un contacto de emergencia. La visión artificial permite reconocer las flechas que se ubican en el suelo para recorridos seguros establecidos para las personas con discapacidad visual y sean guiados a través de audio con auriculares. Las pruebas de funcionamiento y validación se realizaron con integrantes de la Cátedra Unesco de la Universidad Politécnica Salesiana Campus El Girón.

ABSTRACT

The electronic cane supported with artificial vision improves the mobility and safety of visually impaired people; it is equipped with an embedded system, which allows the control of all systems for the detection of obstacles, text messages with location and detection of shapes with artificial vision. It has a vibrating motor for detecting obstacles, a camera for recognizing shapes and sounds to guide the person on safe routes.

For the first part it was determined to make the variation of vibration inversely to the distance of the obstacle to determine the proximity to it in the route; the location system has two alternatives. The first, in the case of wanting to know the location of the person, the relative sends a text message, the system recognizes the location and responds with a text message to access through the Google Maps application. The second alternative is guided for emergency situations when the person requires help through the panic button is sent from your location to an emergency contact. Artificial vision makes it possible to recognize the arrows that are placed on the ground for safe routes established for the visually impaired and are guided through audio with headphones. The operational and validation tests were carried out with members of the UNESCO Chair of the Salesian Polytechnic University Campus the Girón.

INTRODUCCIÓN

El bastón electrónico para personas con discapacidad visual es el apoyo en la movilidad y seguridad, al prevenir accidentes dentro de recorridos establecidos por medio de simbología y detección de obstáculos, además del sistema de ubicación para acceder a ella en casos de querer conocer la posición de la persona o en momentos de emergencia donde la persona pueda pedir que acudan a ella y le brinden ayuda.

En el mercado se encuentran diferentes prototipos que son costosos, además no se adaptan a las necesidades del país, por lo cual se desea reducir el valor y las utilidades que sean en beneficio de la persona con discapacidad visual, sin que se convierta en un obstáculo y ayude a la persona para sentirse seguro de trasladarse por diferentes lugares. De esta forma se hace uso de la tarjeta de desarrollo Raspberry pi 3 modelo b, el cual cuenta con características de hardware: puertos USB, tarjeta de audio y video, 40 pines GPIO (Entrada/Salida de Propósito General) configurables y de software sistema abierto Raspbian con la librería de OpenCV con sus diferentes utilidades.

Para el desarrollo del bastón electrónico se desarrollan cinco capítulos: El primer capítulo, detalla el planteamiento del problema, justificación de la realización del bastón electrónico, objetivo general y específicos. En el segundo capítulo, se realiza una visión general de la discapacidad visual, el bastón, colores y sus diferentes tipos, además de las diferentes técnicas de uso; de igual forma los conceptos generales de los elementos que incorpora cada sistema del bastón electrónico. En el tercer capítulo, se presenta el desarrollo del bastón electrónico en hardware desde los elementos a ser utilizados hasta el software con las librerías, funciones y métodos utilizadas para los diferentes elementos de comunicación GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y GSM (Sistema Global para las comunicaciones Móviles), visión artificial y reproducción de sonidos. En el capítulo cuarto, se realiza el análisis del correcto funcionamiento de todos los sistemas al realizar pruebas de operatividad, cómo validación por parte del personal administrativo y estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana con algún tipo de discapacidad visual. Por último, el capítulo cinco, se muestran las conclusiones y recomendaciones que se dan al bastón electrónico.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

En una encuesta realizada en el 2017 refiriéndose a la discapacidad visual, la cifra estimada de personas con discapacidad visual es de 253 millones con tipo moderada a grave (Organización Mundial de la Salud, 2017), considerado el 81% de estas mayores a los 50 años, las principales causas de las enfermedades oculares crónicas que provocan la pérdida de la visión son los errores de refracción y cataratas no operadas (siendo la principal causa de pérdida de visión en los países con medios y bajos ingresos) (Macías, 2015). El Consejo Nacional para la igualdad de Discapacidades (CONADIS) cuenta con la información estadística de personas con discapacidad registrada en el país, donde señalan en cuarto lugar al tipo de discapacidad visual, con un 11.87% de personas con diferentes discapacidades a nivel nacional, llegando a un total de 451931 personas registradas (Consejo Nacional para igualdad de discapacidades, 2018). Entre las prestaciones que provee el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES) para las personas con problemas visuales en su capacitación para integrarlas y el progreso de sus habilidades involucra áreas sensorpercepción, cognitiva, comunicación, actividades de la vida diaria, motricidad, habilidades sociales, debido al no disponer con tecnología que ayude en su movilidad y mejore la calidad de vida de las personas, de tal forma que no se interrumpa su desplazamiento, si no que se adapte al bastón que es parte de sus actividades en la vida diaria.

Con el aumento de las tasas en accidentes de tráfico y víctimas peatonales registradas, es necesario ayudar a las personas más vulnerables que transitan por las ciudades, debido al no contar con una infraestructura adecuada ni normas que regularicen y faciliten su movilidad en la ciudad, cuando una persona no vidente se localiza en un espacio conocido o realiza un mismo recorrido en ámbitos urbanos, su conocimiento del entorno facilita su desplazamiento, pero no sucede lo mismo cuando deben desplazarse por lugares con gran cantidad de personas, espacios libres y desconocidos, como por ejemplo al cruzar la calle la ausencia de veredas causa en las personas no videntes desorientación; para ellos es dificultoso saber si están en la parte peatonal o en la vía de los vehículos, poniendo en peligro su integridad. La orientación en el caso

de una persona no vidente trata de conocimiento de la posición física de la persona en relación con los objetos que se encuentren en el medio, su autonomía se ve obstaculizada debido a que no existen herramientas que permiten su orientación en el entorno que se desenvuelven o en algunos casos no hay ayuda de las personas; se consideran dos aspectos básicos para la orientación de una persona no vidente cuando cambia de ubicación, la primera consideración es el conocimiento del ambiente y la segunda el conocimiento de la posición.

Las nuevas tecnologías que se dan a conocer en cuanto a la mejora de la movilidad de las personas con discapacidad visual no entregan todas las características que estas requieren y su elevado costo dejan la mayoría en prototipos, de igual forma su estructura afecta a la persona en su movilidad. Las tecnologías son un importante recurso para la información y comunicación, sin embargo las personas con discapacidad tienen dificultades para su utilización y a partir de conocer las insuficiencias de esta sección de la población, se desarrollan las tecnologías adaptativas que son un medio para superar barreras de acceso a la información y comunicación; con la aprobación y ratificación de la Convención por los derechos de las personas con discapacidad, los estados deben garantizar que todas las personas obtengan información, comunicación de forma precisa y oportuna, promoviendo formas adecuadas de asistencia y apoyo.

1.2 Justificación

Actualmente, las personas con discapacidad visual se enfrentan a numerosas dificultades en su vida diaria, una de las principales es la movilidad en un ambiente completamente ajeno a ellos, luchan por identificar obstáculos a su alrededor y en ambientes peligrosos es necesario contar con la ayuda de otra persona para su movilización, para las personas discapacitadas es difícil participar activamente en la sociedad, debido a que no pueden desarrollar todas las actividades de forma independiente, por lo que deben ser asistidos por familiares, amigos o transeúntes, para moverse de forma segura.

Durante muchos años el bastón blanco se ha convertido de gran ayuda para las personas con discapacidad visual, debido a que les permite detectar obstáculos, agujeros, etc. La realización del prototipo se enfoca en un bastón electrónico funcional,

dotado de un sistema de ubicación, la detección de objetos con un sistema de vibración, para la ayuda de su movilidad y seguridad, el reconocimiento de formas ubicadas en el piso mediante visión artificial a un costo módico y al alcance de las personas con discapacidad visual que en su mayoría son de recursos limitados.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un bastón electrónico para mejorar la movilidad de las personas con discapacidad visual mediante la detección de obstáculos, sistema de ubicación y reconocimiento de símbolos apoyado mediante visión artificial.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información de papers, documentos y/o prototipos de bastones electrónicos existentes, para determinar los componentes tanto de hardware como de software que lo integran.
- Desarrollar un bastón electrónico de bajo costo, controlado por un sistema embebido para el desplazamiento de personas con discapacidad visual.
- Implementar un sistema de detección de obstáculos para la seguridad de su recorrido mediante un sensor ultrasónico.
- Implementar el sistema de visión artificial para reconocimiento de símbolos ubicados en el piso.

1.4 Tema

Desarrollo de un bastón electrónico para mejorar la movilidad de personas con discapacidad visual apoyado mediante visión artificial.

1.5 Beneficiarios de la propuesta

Las personas con discapacidad visual serán beneficiadas en su movilidad y seguridad con el bastón electrónico, el cual les permitirá tener mayor confianza al movilizarse en

la ciudad y evitar accidentes en su recorrido, generando tranquilidad en sus familiares al conocer su ubicación.

De igual forma el personal del centro de desarrollo integral para personas con discapacidad visual podrá mejorar y facilitar el desplazamiento a través de obstáculos mediante la guía en su recorrido.

CAPITULO 2

ESTADO DE ARTE

2.1 Discapacidad Visual

Helen Keller activista política sordociega estadounidense, en una entrevista por Barbara Lindley, publicada por New York Tribune en 1916 expreso “Durante un tiempo estuve deprimida, pero poco a poco recobré la confianza y me di cuenta de que lo asombroso no era que existiese una realidad tan mala, sino que pese a ella la humanidad hubiese avanzado tanto. Y ahora yo estoy en la lucha para cambiar las cosas. Puede que sea una soñadora, ¡pero los soñadores son necesarios para que las cosas se hagan” (Grupo Investigación – Acción Helen Keller, 2014).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la discapacidad visual, “puede limitar a las personas en la realización de tareas cotidianas y afectar su calidad de vida, así como sus posibilidades de interacción con el mundo circundante” (Organizacion Mundial de la Salud, 2017).

2.2 Educación para las personas con discapacidad en la antigüedad

Según datos descritos por la Organización Nacional de Ciegos de España (ONCE), era imposible que una persona no vidente en 1784 reciba una educación especial, ya que si un niño nacía con cualquier tipo de discapacidad era semejante a una desgracia o vergüenza familiar, por tal motivo se ponía en práctica la eutanasia. El sistema religioso de aquellos tiempos despertó un sentimiento humanitario que logro que las personas con discapacidad dejen de ser burlados, recibir caridad y lastima de las personas, fue Francia en 1784 la pionera en considerar a la persona con discapacidad visual como persona capaz de tener una educación (Macías, 2015).

2.3 Discapacidad Visual en el Mundo

En agosto del 2017, la OMS menciona en su página web, que existe en el mundo alrededor 253 millones de personas con discapacidad visual, de las cuales 36 millones tienen ceguera y 217 millones tienen discapacidad visual de moderada a grave (Organizacion Mundial de la Salud, 2017). Se estima que el 90 % de personas en el mundo con discapacidad visual provienen de países en desarrollo. Las causas principales de pérdida de la visión son enfermedades oculares, como, por ejemplo:

errores de refracción, cataratas no corregidas y operadas. Aunque la cifra de personas con este tipo de capacidad especial sigue siendo alta, en los últimos 20 años su disminución se debe al desarrollo socioeconómico, aumento de los servicios de atención y al conocimiento en general de las personas para resolver los problemas relacionados con la discapacidad visual. Se estima que el 80% de los casos de personas con discapacidad visual a nivel mundial se puede evitar o curar (Macías, 2015).

Según la OMS la ceguera es considerada como pérdida de visión en cualquiera de los dos ojos, al momento de tener la visión por debajo de la agudeza visual de 20/200, aun después de realizar correcciones mediante tratamientos oftalmológicos y el uso de lentes de contacto o gafas. (Organizacion Mundial de la Salud, 2017).

Indistintamente de cualquier área que se desarrolle una persona, el mayor porcentaje de información llega a través de la visión. Por tal motivo, las personas con discapacidad visual y/o ciegas han buscado medios o modos alternativos de acceso y movilidad, para que este tipo de discapacidad no simbolice más limitaciones. Cuando la pérdida de la visión es total, estas personas obligatoriamente tienen que desarrollar otros sentidos como son: el tacto y el oído, estos se convierten en principales canales para la recepción de información, por otro lado las personas que tienen un grado bajo de visión se convierte en un recurso a utilizar y cuidar. (Organizacion Mundial de la Salud, 2017).

2.4 Discapacidad Visual en Latinoamérica

En lo que respecta a los países latinoamericanos la ceguera afecta entre el 1% y 4% a esta parte de la población, esto representa una cantidad importante para estos países, considerando que están en desarrollo y que sufren un gran impacto en la economía al no contar con trabajo entre el 2% al 8% de la población, sin dejar de lado que al menos cada persona que sufre esta discapacidad necesita no menos de un miembro en su hogar que deje de trabajar para cuidarlos (VISION 2020, 2014).

2.5 Discapacidad visual en el Ecuador

En Ecuador según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS), existen un total de 451931 personas registradas con algún tipo de

discapacidad, de estas personas el 11.87% tiene discapacidad visual, ya sea moderada o grave, entre otros casos (Consejo Nacional para igualdad de discapacidades, 2018).

En la Tabla 2.1 se observa el número de personas registradas a nivel Nacional que presentan algún tipo de discapacidad.

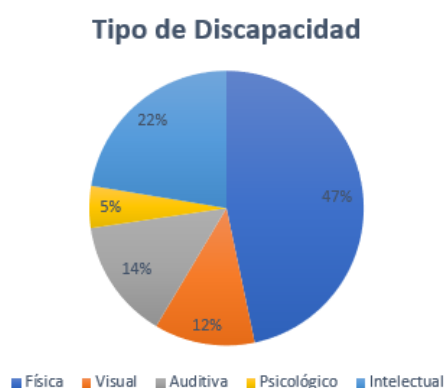
Tabla 2.1 Número de personas con discapacidad

Tipo de Discapacidad ⁰	Número de personas con discapacidad
Física	211051
Visual	53599
Auditiva	63768
Psicológico	22371
Intelectual	101142
Total	451931

Personas con discapacidad Registradas Fuente: (Consejo Nacional para igualdad de discapacidades, 2018)

De otra forma en la Figura 2.1, se representa de forma porcentual la información de la tabla 1, donde se observa que la discapacidad física se encuentra en el cuarto puesto a nivel nacional:

Figura 2.1 Tipo de Discapacidad en forma porcentual



Representación en forma porcentual de los tipos de discapacidades en el Ecuador Fuente: (Consejo Nacional para igualdad de discapacidades, 2018)

2.6 Problemas de movilidad de las personas con discapacidad visual en Quito

La movilidad se ha convertido en un gran problema para las personas con discapacidad visual, en una entrevista de Ecuador TV a personas no videntes, Darío

Chuquillo describe que “tenemos problemas con las nuevas paradas, las plataformas para que la gente suba al bus no están totalmente paralelas al piso, lo que me ha hecho resbalar varias veces” (Andrea Puga, 2018), mientras que Vladimir Ganchala, atleta y padre cuestiona que la mayoría de ciudades en el Ecuador no son accesibles o no tienen la infraestructura adecuada para su movilidad según su perspectiva, “las mallas de las veredas y jardineras, que supuestamente sirven para el ornato de las calles, son extremadamente peligrosas, pero no son los únicos peligros también los supuestos puntos de braille, ubicados en los pisos de las ciudades principales, son trampas que te llevan o directamente a un árbol o a una pared sin salida” (Andrea Puga, 2018), estas son las grandes dificultades y peligros que sufren a diario estas personas, lo único que les da un cierto grado de seguridad ha sido el bastón, que se ha convertido en un miembro más de su cuerpo.

2.7 Historia del bastón para personas con discapacidad visual

Si bien antes ya existían bastones, no fue desde la década de 1940 cuando Richard Hoover y sus colaboradores crearon un bastón, que permitía a los soldados ciegos de la Segunda Guerra Mundial desplazarse de manera autónoma, utilizándolo como un sistema de barrido, desde entonces y hasta la actualidad este elemento se ha convertido en un elemento de necesidad para la movilización de las personas no videntes. Hoy en día se tienen diferentes modelos todo depende de la funciones, características y necesidades de la persona (Basterrechea Estella, y otros, 2011).

2.8 Bastón

Es una herramienta que puede ser utilizada para diferentes tipos de funciones que puedan ayudar al usuario, ya sea para mantener el equilibrio o para apoyar algún tipo de extremidad que se encuentra en proceso de recuperación, también sirve para la percepción del entorno (Martínez, 2012).

2.8.1 Tipos de Bastones

Existe una gran variedad de bastones, desde realizados con madera para un menor costo, hasta dispositivos de alta tecnología. La mayoría de personas que los utilizan tienen bastones plegables, los cuales cuentan con un cable elástico para tener varias articulaciones y así poder guardarlos de una mejor manera, otros bastones como los cuádruples cuentan con cuatro patas en la parte inferior para una mejor estabilidad, el

trípode que en ocasiones cuenta con un asiento sirve para el descanso del usuario, también existen bastones ajustables para definir la altura dependiendo del tamaño de la persona, algunos cuentan con correas para evitar pérdidas o caídas, iluminación para su visibilidad en la oscuridad o zumbadores para alertar y ayudar en su movilidad (IEEE, 2014).

2.8.2 Funciones del bastón

Los bastones tienen diferentes aplicaciones y sus funciones principales son;

- **Protectora:** Esta función permite a la persona mediante técnicas adecuadas protegerse o anticiparse a los obstáculos que se localizan desde la parte de la cintura hasta el suelo, evitando accidentes para el usuario (García, 2016).
- **Informativa:** Provee información del entorno al usuario de forma táctil y auditiva, sin que exista la necesidad del uso de las manos, con esto se puede percibir el entorno y las características del lugar a medida que la persona anda deambulando, proporciona información de la superficie, textura, rugosidad, pendiente, sonidos, etc (García, 2016).
- **Simbólica:** El color blanco es su característica y símbolo universal que los distingue como discapacidad visual, les sirve como identificador a las personas con poca visión o ciegas, facilita a los usuarios que las personas les brinden ayuda en situaciones que lo requieran, disminuye el riesgo de tropezar con otras personas (Basterrechea Estella, y otros, 2011).

2.8.3 Partes del bastón

Está compuesta de tres partes:

- **Mango:** Se utiliza para seguridad y comodidad del usuario al momento de sujetar el bastón impidiendo que este resbale de las manos, puede ser de caucho, goma polipropileno, entre otros materiales, estos deben poseer un porcentaje alto de fricción para evitar que no se resbale en casos de sudor y no deben conducir energía térmica. Tienen que ser fácilmente manipulables en su limpieza y no deben causar irritaciones a la piel (Santillán & Nuñez, 2010).

- **Caña:** Parte más larga desde el mango hasta el puntero. Los materiales que están compuestos suelen ser aluminio, grafito, fibra de vidrio, madera, entre otros. Deben ser ligeros, resistibles a caídas y golpes para una buena durabilidad, una buena parte de bastones está cubierta de cinta reflectante para una excelente visibilidad (García, 2016).
- **Puntera:** Parte que entra en contacto con el suelo, suelen ser de nailon blanco, pero también son elaborados con acero y plástico (Santillan & Nuñez, 2010).

En la Figura 2.2 se observa las partes básicas de un bastón para personas con discapacidad visual.

Figura 2.2 Partes del Bastón para personas con discapacidad Visual



Partes que conforman el bastón para personas con discapacidad visual. Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

2.9 Colores del bastón

2.9.1 Bastón Blanco

Es una herramienta que ayuda a la movilización de personas con discapacidad visual, su color identifica que el usuario tiene 100% de deficiencia visual, con lo cual otras personas pueden brindarles ayuda cuando lo requieren (Martínez, 2012).

2.9.2 Bastón Blanco y rojo

El bastón ayuda en la percepción del espacio y movilización a las personas sordo ciegas, el color blanco y rojo identifica a este tipo de personas (Chirinos, Toran, & Gilbert, 2016).

2.9.3 Bastón verde

El bastón ayuda a la orientación y movilidad de las personas que cuentan con patologías que disminuyen la visión, el color verde es el identificador de este tipo de personas (Olivieri Maria Natalia, 2012).

2.10 Técnicas de Prebastón

Son técnicas que brindan a las personas con discapacidad visual la facilidad de orientación, movilidad y desenvolvimiento en lugares cerrados.

Existen varias técnicas antes de utilizar el bastón, las cuales son:

2.10.1 Técnica de rastreo

Permite al usuario ubicarse y reconocer espacios en un sitio fijo. Esta técnica se basa en ubicarse a lado de la pared colocando el brazo a la altura de la cintura, tocando la pared con la parte dorsal de la mano, conservando flexionado los dedos hacia la palma (Murillo & Serna, 2017).

2.10.2 Técnica de encuadre

El no vidente se ubica a espaldas de la pared, con las puntas de los pies separados y los talones unidos, esto les permite tener un punto de comienzo para fijar una dirección en línea recta a un objetivo en particular (Murillo & Serna, 2017).

2.10.3 Técnica de cubrirse

Consiste en la elevación del brazo a la altura del rostro a una distancia de 10 centímetros, formando un ángulo de 90 grados, permitiendo al no vidente protegerse con objetos que estén a la altura del rostro (Murillo & Serna, 2017).

2.11 Técnicas para utilizar el bastón

2.11.1 Técnica Diagonal

Permite el desplazamiento de las personas no videntes por interiores, brinda una protección frente a tropiezos con objetos a la altura de la cadera y se usa para el comienzo del aprendizaje del bastón (Lafuente de Frutos, Guil Torres, Monasterio, & Allidem, 2018).

2.11.2 Técnica básica

Llamada también de dos puntos, brinda protección a la persona frente a obstáculos, en exteriores, se usa para subir y bajar escaleras, además de localizar objetos y referencias (Lafuente de Frutos et al., 2018).

2.11.3 Técnica de alinearse

Esta técnica sirve como guía de una dirección con apoyo de algún objeto, consiste en localizar un punto de referencia al hacer contacto con las esquinas de estos, teniendo siempre las manos y dedos extendidos con la palma de la mano hacia fuera, con esto se llegará al destino deseado (Murillo & Serna, 2017).

2.12 Sistema de Posicionamiento Global

GPS, es un sistema de localización satelital que permite conocer la ubicación de un objeto en cualquier parte del mundo, sin que afecte las condiciones climatológicas, este sistema puede alcanzar precisiones hasta de centímetros, pero lo más usual es una precisión de unos cuantos metros. Formado por un grupo de 27 satélites (24 operativos y 3 de respaldo) en una órbita de 26500 km sobre el globo terráqueo (Molina, 2012).

2.12.1 Funcionamiento

En una órbita con un grado de precisión muy alta, los satélites GPS rodean el globo terráqueo dos veces durante el día, ellos transmiten información a la tierra, los receptores recogen la información y utilizan la triangulación para obtener la posición del usuario. Substancialmente, el receptor GPS compara la hora de la señal transmitida con la hora que fue receptada, esta variación de tiempo indica al receptor GPS a que

distancia se encuentra el satélite, se realizan mínimo la repetición con 3 satélites para obtener la posición del usuario (C. A. Sanchez, 2013).

Al menos un receptor debe estar conectado con 3 satélites para conocer la posición en 2D (latitud y longitud) y si el receptor está conectado con 4 o más satélites, el receptor puede obtener más información como por ejemplo la posición tridimensional (latitud, longitud y altitud). Una vez determinada la posición, se puede obtener otra información como por ejemplo: dirección, distancia de viaje, seguimiento, velocidad, etc (C. A. Sanchez, 2013).

2.13 Sistema de Ubicación

Ofrece al usuario servicios como posicionamiento, sincronización, navegación, cuenta con 3 segmentos los cuales son:

2.13.1 Segmento de espacial

Éste segmento está formado de 24 satélites activos, los cuales transmiten señales unidireccionales que proporciona la hora, la posición real y actual del satélite GPS (Molina, 2012).

2.13.2 Segmento de control

Cuenta con estaciones de control y monitoreo para mantener en orbitas correctas a los satélites, mediante la utilización de comandos ocasionales, y también para ajustar los relojes de estos. Este segmento rastrea a los satélites, carga los datos actualizados y mantienen en buenas condiciones los estados de los satélites (U.S.Air Force, 2017). En la siguiente tabla se puede observar los elementos que conforman el segmento de control.

Tabla 2.2 Elementos del segmento de control

Estaciones de monitoreo	Estación de Control Maestro	Antenas de tierra
Rastrean a los satélites GPS.	Maneja los datos de la estación de monitoreo para obtener las ubicaciones actuales de los satélites	Transfiere comandos, cargas de programas y navegación para los satélites
Receptan señales de navegación, datos atmosféricos y mediciones de rango	Crea mensajes de navegación para los satélites GPS, Realiza mantenimientos y reposicionamiento de los satélites para un óptimo funcionamiento	

Elementos que conforman el segmento de control Fuente:(U.S.Air Force, 2017)

2.13.3 Segmento de Usuario

Cuenta con el equipo que receptara las señales del satélite GPS con la cual mediante la información receptada calcula la posición tridimensionalmente y la hora exacta en la ubicación del usuario (U.S.Air Force, 2017). En la Figura 2.3 se observa los elementos que intervienen en el sistema de Ubicación GPS:

Figura 2.3 Elementos del sistema de Ubicación GPS



Segmentos que intervienen en el sistema de ubicación GPS Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

2.14 Sistema Global para las Comunicaciones

GSM fue creado por la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT) y desarrollado por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) para los teléfonos móviles como un estándar a nivel europeo, determinado como un conjunto de protocolos únicos que funciona sobre una

complicada base de canales lógicos que permiten la transmisión de voz y de datos (J. A. Sanchez, 2012).

Este sistema ofrece integridad, privacidad y confidencialidad de cada llamada que hagan los usuarios, para esto incorporo un identificador personal del suscriptor conocido como SIM (Modulo de Identificación de abonado). Actualmente se utilizan en 171 países y existe a nivel mundial 400 redes de GSM (J. A. Sanchez, 2012).

2.15 Paquete General de Radio Servicio

GPRS es un tipo de tecnología que se utiliza para redes móviles, que corrige las deficiencias de GSM respecto a la transmisión de datos, utiliza conmutación de paquetes que operan de forma paralela a la conmutación de circuitos de GSM, mejora la interfaz de radio GSM y transmite datos a mayor velocidad (Castilla & Meza, 2005).

2.16 SIM808 Modulo GSM/GPS/GPRS

Es basado en el módulo de teléfono celular tres en uno GSM/GPS/GPRS, tiene agregado seguimiento de ubicación, voz, texto, sms y datos. Se puede trabajar en cuatro bandas de frecuencias (850, 900, 1800, y 1900 MHz). Su programación se realiza mediante los comando AT permiten realizar las diferentes tipos de acciones que el usuario lo requiera (Álvarez, 2017).

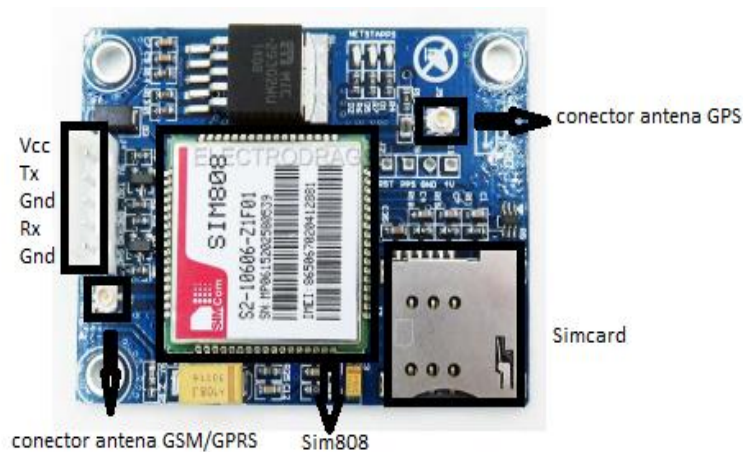
Tabla 2.3 Características de operación de la MiniSim808

Características Técnicas de operación
Rango de voltaje de alimentación: 5-12v
Tolerancia 3.0V a 5.0V nivel lógico
Tarjeta Micro SIM estándar
Bandas de operación: 850, 900, 1800, y 1900 MHz
Consumo bajo de potencia: 1mA en estado inactivo, 100mA en estado Activo
Se controla mediante comandos AT (3GPP TS 27.007, 27.005)

Características Técnicas SIM808 (SIMCOM, 2014)

En la Figura 2.4, se observa las diferentes partes utilizadas del MiniSim808:

Figura 2.4 Partes de la MiniSim808



Partes que conforman la MiniSim808 Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo (SIMCOM, 2014)

2.17 Raspberry Pi

Es un ordenador de bajo costo elaborada en Reino Unido por Raspberry Pi Foundation, creada con el fin de estimular las ciencias de la tecnología informática en los colegios para realizar pequeños proyectos hardware y el aprendizaje de un lenguaje de programación. Aunque esta idea empezó en el año 2006 y fue hasta el año 2012, cuando se empezó la comercialización (Caiza & Garcia , 2017).

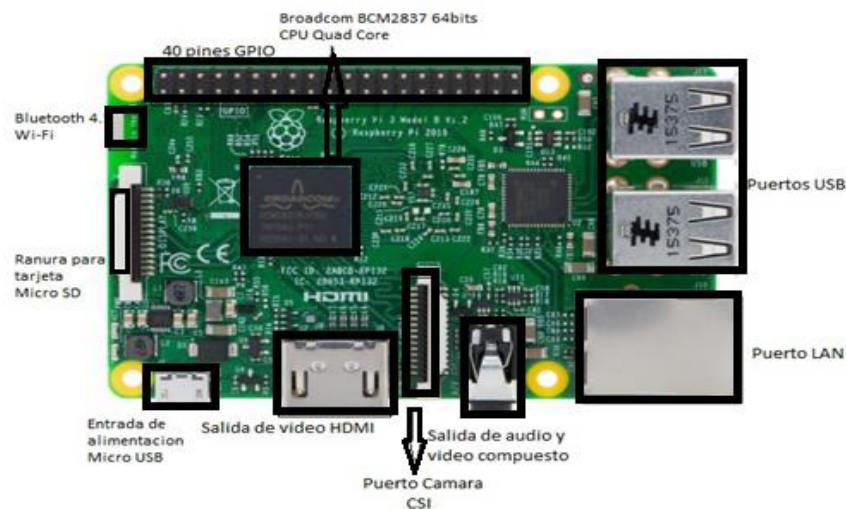
Cuentan con un chip Broadcom BCM2835, el cual posee un procesador ARM11 con diferentes frecuencias de trabajo, un procesador gráfico Video Core, además, presentan una salida de audio y video por medio de un conector HDMI que permite conexión con monitores o televisiones para conexiones de este tipo, como se observa en la tabla 2.4 y figura 2.5 sus características y partes principales (Alvarez Rodrigo, 2014).

Tabla 2.4 Características técnicas de la raspberry Pi 3B

	Raspberry Pi 3B
CPU	Video Core IV
Velocidad del procesador	QUAD Core @1250 MHz
RAM	1GB SDRAM@1250
USB 2.0	4x Puertos USB
GPIO	40 pines
Chipset del procesador	Broadcom BCM2837 64Bit ARMv7 Procesador Quad Core Single Board Computer running at 1250MHz
Almacenamiento	MicroSD
Consumo de energía/voltaje	2.5 A 5v

Características, datos de almacenamiento y operación de la Raspberry Pi 3B,Fuente: (En et al., 2017.)

Figura 2.5 Elementos que conforman la Raspberry 3B



Elementos principales de la Raspberry Pi 3B Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

2.18 Python

Es un lenguaje gratuito de programación considerado de alto nivel que se emplea para diferente propósito de código abierto y fácil aprendizaje, empleado por un intérprete. Es muy utilizado y compacto para desarrollar estructuras logarítmicas claras. Este lenguaje fue creado por Guido van Rossum en Holanda por la década de los 80, pero no fue hasta la década del 90 cuando se publicó su primera versión (Gomis, 2018). Es uno de los lenguajes que más se utilizan a nivel mundial para la introducción a la programación según ranking IEEE Spectrum 2018.

2.19 Librería OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) es una biblioteca abierta de visión artificial, desarrolladas por Intel. Su primera aparición fue en 1999 en el cual presentaron su primera versión alfa, esta librería cuenta con diferentes funciones para el procesamiento de imágenes, esto es debido a su licencia BSD, la cual permite que se utilice de manera libre para investigaciones y propósitos comerciales en una inmensidad de aplicaciones (Rubio, 2015).

Una de sus principales virtudes es implementar técnicas de calibración, detección de rasgos, análisis de forma, análisis de movimiento, reconstrucción 3D reconocimiento y segmentación de objetos (Tobergte & Curtis, 2013).

Los sistemas de seguridad que tienen incorporado detección de movimiento y control de procesos para el reconocimiento de objetos, son los sistemas más utilizados con estas librerías, además esta librería se ejecuta en diferentes sistemas operativos como Linux y OS Android, Windows, BlackBerry 10, iOS (Tobarte & Curtis, 2013).

2.20 Métodos para la comparación de plantillas

2.20.1 Método CV_TM_SQDIFF

El Método de Concordancia de diferencia de cuadrados realiza un sumatorio, en el cual una coincidencia perfecta de su sumatorio tendería a 0, mientras que una coincidencia mala la sumatoria tendería a un valor grande, también no es invariante con el brillo y el contraste (Bradski & Kaehler, 2008).

2.20.2 Método CV_TM_CCORR

Realiza el cálculo de la correlación cruzada, por lo que una coincidencia buena sería alta mientras que una mala tendería a valores pequeños o 0, se puede limitar la intensidad por lo cual no le afecta el cambio de brillo, pero si el cambio de contraste (Apolinario, Lima, Farias, & Silva, 2007).

2.20.3 Método CV_TM_CCOEFF

Este método hace coincidir la plantilla en relación de sus medias con el de la imagen, por lo que una coincidencia igual a uno es perfecta, pero una coincidencia igual a -1 sería mala, un valor de 0 significa que no existe correlación (Bradski & Kaehler, 2008).

2.20.4 Método CV_TM_CCOEFF_NORMED

Coeficiente de correlación normalizado mantiene el promedio de la plantilla en cero, se considera que no afecta su proceso el brillo ni el contraste, todo el proceso se realiza mediante la función matchTemplate (Apolinario et al., 2007).

2.21 Google

Google se caracteriza por relacionarse con dispositivos electrónicos y el internet, proporciona servicios de Google Maps, Google Earth, entre otros, estos se manejan a través de GPS, Google lidera el sistema operativo Android, el cual utiliza tabletas, SmartTV, automóviles y teléfonos inteligentes (Chillagano, 2017).

2.22 Google Maps

Es una herramienta o aplicación que utiliza Google en donde se puede observar mapas de todas partes del mundo, rutas y ubicaciones en tiempo real (Chillagano, 2017).

Funciones:

Google Maps tiene las siguientes funciones:

- a. Dentro de la aplicación se puede acercar o alejar al momento de visualizar el sitio específico requerido por el usuario.
- b. Se controla el mapa ya sea por el tacto del dedo en la pantalla si se trata de un dispositivo móvil o un mouse si se trata de un ordenador.
- c. Se puede localizar todo tipo de servicios como por ejemplo restaurantes, teatros, parques, gasolineras.
- d. Proporciona pasos para acceder a una ubicación específica, por medio de esto se puede calcular distancia y tiempo de un sitio a otro.

- e. Las coordenadas que proporciona la aplicación son en el sistema WGS84, son la información que proporciona los satélites de los Estados Unidos, con esto brinda información de latitud y longitud en los puntos cardinales con un error de 2 cm.
- f. Google Maps tiene incorporado “Ride Finder” para la ubicación de un taxi o transporte público en ciudades grandes.

2.23 Señales y colores de seguridad

El objetivo es llamar la atención inmediatamente de los objetos y situaciones que puedan afectar la seguridad y salud, para poder captar un mensaje instantáneo específico (Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, 2016).

2.23.1 Señal de prohibición

Se refiere a la indicación de prohibición de un comportamiento (Ministerio de Relaciones Laborables, 2013).

Significado: Prohibición

Color de seguridad: Rojo

Color de contraste al color de seguridad: Blanco

Color del símbolo gráfico: Negro

Ejemplo: no fumar, no comer (Ministerio de Turismo, 2014).

2.23.2 Señal de obligación

Indica que una acción en curso debe ser aplicada o tomado (FREIRE & IDROVO, 2012).

Significado: Obligación

Color de seguridad: Azul

Color de contraste al color de seguridad: Blanco

Ejemplo: Protección para los ojos, ropa de protección (Ministerio de Turismo, 2014).

2.23.3 Señal de Precaución:

Corresponde a una señal de seguridad que muestra un posible daño potencial (Ministerio de Relaciones Laborables, 2013).

Significado: Precaución

Color de seguridad: Amarillo

Color de contraste al color de seguridad: Negro

Ejemplo: precaución superficie caliente, precaución electricidad (Ministerio de Turismo, 2014).

2.23.4 Señal de condición segura

Muestra una ruta de evacuación, el sitio de la unidad de seguridad, una acción de seguridad.

Significado: Condición segura

Color de seguridad: Verde

Color de contraste al color de seguridad: Blanco

Ejemplo: Salida de emergencia, primeros auxilios (Ministerio de Turismo, 2014).

CAPITULO 3

DESARROLLO

En este capítulo se detallará la construcción del bastón electrónico, en el cual se especificará su funcionamiento y componentes electrónicos en cada una de sus etapas desde el proceso de diseño de hardware como software.

3.1 Diagrama general de funcionamiento

En forma general se representa el prototipo el cual es un elemento adicional al bastón tradicional que hacen uso las personas con discapacidad visual que es parte de su movilidad cotidiana, de acuerdo con las necesidades que se analizan se presentan varias cualidades que solucionan las adversidades en su traslado y seguridad de las personas, por lo cual se muestra en la Figura 3.6 el diagrama con los elementos que incorpora para su diseño y construcción.

Figura 3. 1 Diagrama General de funcionamiento

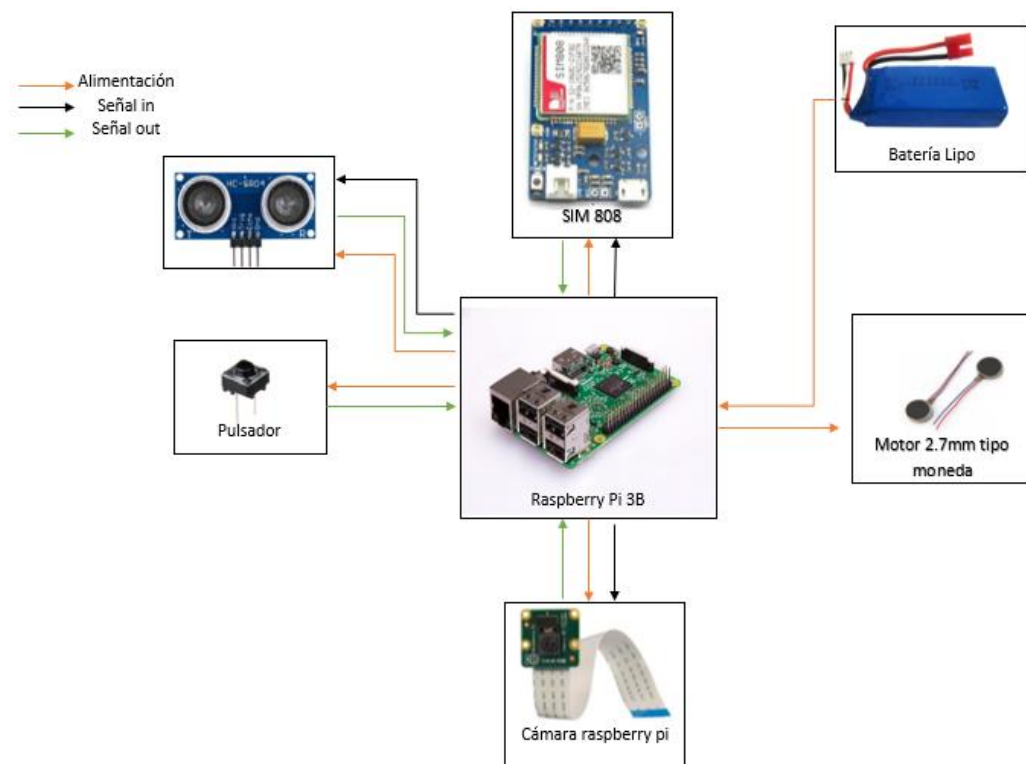


Diagrama general de funcionamiento del bastón electrónico Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

3.2 Diagrama general del prototipo

En el diagrama se muestra la Raspberry pi 3b, que es la encargada de realizar el control de los procesos de ejecución para lo cual cuenta con una fuente de corriente continua de al menos 2,5 amps con un voltaje de +5V, el controlador se encarga de recibir las señales de entrada y salida digitales para el funcionamiento del pulsador de emergencia, sistema de detección de obstáculos con el sensor ultrasónico, como el control de la vibración por medio del motor. Además, es necesario utilizar los pines de comunicación UART de transmisión y recepción de datos para la comunicación serial con el módulo SIM808, donde se realiza el proceso de envío y recepción de mensajes para acceder a la ubicación con el sistema GPS, también se hace uso del bus CSI (Interfaz Serie para Cámaras) para la cámara aplicando visión artificial para la detección de formas y realizar la guía por un camino seguro a través de audios; por lo cual se detalla cada uno de los sistemas presentados a continuación.

3.3 Raspberry Pi 3 B

Este controlador es un ordenador de características que se adaptan al desarrollo del prototipo en cuanto a la capacidad de procesamiento e integración de los varios sistemas que se implementan, además, de la portabilidad que facilita acoplarlo al bastón, el manejo de librerías de visión artificial se lo considera ideal para el desarrollo del prototipo del bastón electrónico.

Tabla 3.5 Asignación de pines para el bastón Electrónico

Pines de la raspberry Pi 3B	Descripción
Pin 4	Alimentación
Pin 6	Gnd
Pin 8	Transmisión/Comunicación serial
Pin 10	Recepción/Comunicación serial
GPIO 12	Micromotor
GPIO 20	Trigger
GPIO 21	Hecho
GPIO 26	Pulsador
Conector CSI	Raspberry Pi Cámara

Pines elegidos para el desarrollo del bastón electrónico, Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo.

3.4 SIM 808

Este módulo integra Quad-Band que se combina con la tecnología GPS para la navegación satelital, su diseño es compacto e incorpora paquetes SMT (Tecnología de Montaje Superficial) para desarrollar aplicaciones con GPS y acceder a la ubicación. Al contar con la tarjeta SIM se puede realizar la recepción y envío de llamadas como mensajes de texto, realizar conexiones a internet, horario UTC (Tiempo Universal Coordinado) y el sistema de ubicación GPS, el voltaje de operación es de 5V por lo que se hacen uso de los pines 4 y 5 de la Raspberry en su conexión para la alimentación y en el caso de la comunicación los pines 8 y 10 designados para la comunicación serial.

3.5 Micromotor

El micromotor es el encargado de variar su intensidad de acuerdo con la proximidad del obstáculo para lo cual maneja un voltaje de funcionamiento de 2 a 5 Volts, el consumo de corriente es directamente proporcional a la intensidad suministrada por lo cual va desde los 100 mA para 5V, 80 mA para 4V, 60 mA para 3V y como mínimo de 40 mA para 2V, al tener una dimensión de 10 mm y un peso de 0,9 gramos lo hace ideal para acoplarlo al bastón.

3.6 Raspberry pi Cámara

Este módulo de integración para la Raspberry cuenta con un sensor OnniVision OV5647 de 5 megapíxeles, el cual puede generar videos de alta definición y fotografías, se incorpora fácilmente con todos los modelos de Raspberry y acceder a través de API de MMAL y V4L o bibliotecas como en este caso para el prototipo se hizo uso la biblioteca Picamera para Python. En este caso se hace uso del puerto CSI (Interfaz Serie para Camaras) designado en la Raspberry pi 3 modelo b para la cámara.

3.7 Pulsador

El pulsador que se incorpora para el sistema de emergencia se encuentra normalmente abierto y se recibe la señal en configuración directa (activo al enviar uno lógico), por lo cual se encuentra realizada la conexión del pulsador tomando la alimentación de los

misimos pines 4, 6 y para la señal de activación en el pin GPIO 26 de los pines de la Raspberry pi 3 modelo b.

3.8 Sensor Ultrasónico

Permite medir la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas calculando el tiempo entre el envío y recepción de la señal, debido a las prestaciones del sensor se hace uso en la detección de todo tipo de obstáculos como son metálicos o no metálicos, con o sin color, en condiciones o no de humedad, en ambientes de polvo que no afecta su funcionamiento, se realiza la alimentación desde los pines de la Raspberry 4 y 6, para la comunicación Tigger y Echo los pines 20, 21 respectivamente, como se observa en la Figura 3.7.

Figura 3.2 Sensor Ultrasónico



Pines de Conexión de Sensor Ultrasónico Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

3.9 Python comunicación serial

Al utilizar el lenguaje de programación Python es necesario habilitar varias características para realizar la comunicación con el módulo SIM808, por lo cual para la comunicación serial se necesita instalar la librería minicom que permite habilitar la comunicación por medio de los pines de comunicación UART0 usados por la Raspberry 8 Tx y 10 Rx, al ser una comunicación serie dúplex permite la configuración de velocidad de transmisión y el formato de datos a ser utilizado, al ser asíncrona no es necesario una señal de reloj por lo cual es necesario dos líneas de transmisión de datos para enviar Tx y recibir Rx .

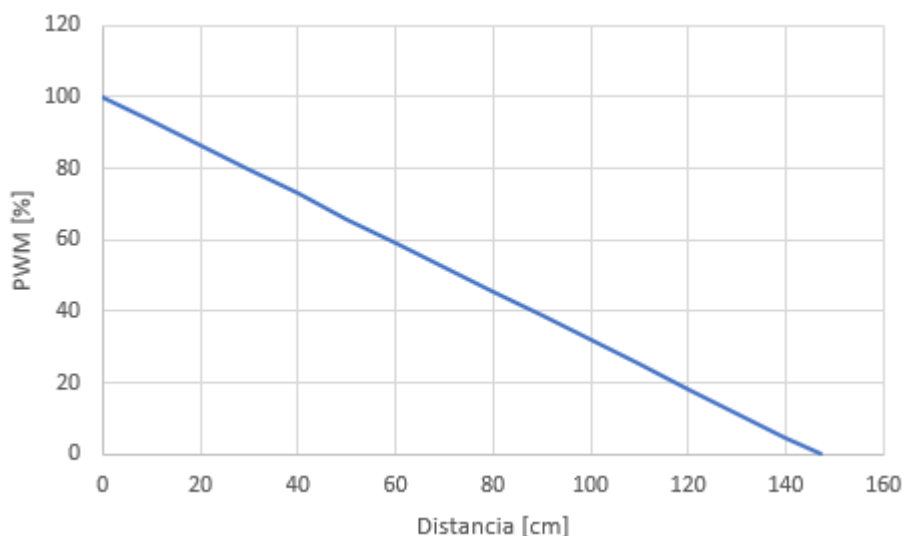
Se tiene que modificar el archivo cmdline.txt para desactivar la información del bootup eliminando la consola ttyAMA0 de esta manera se puede instalar la librería minicom por consola, en los modelos Raspberry Model B y B+ los pines de comunicación UART0 están configurados para el Bluetooth por lo cual es necesario desactivarlo en el fichero config.txt.

3.10 Detector de obstáculos

En la detección de obstáculos se incorpora el sensor ultrasónico el cual va a controlar el motor vibratorio ubicado en el mango del bastón que va a aumentar su intensidad de acuerdo con la distancia del obstáculo, para el funcionamiento se considera una distancia máxima de 150 cm considerando una vibración nula, de acuerdo a la cercanía del obstáculo va incrementando por medio del control PWM (Modulación de Ancho de Pulso), llegando a una salida máxima permisible de 100 a una distancia menor igual a 3 cm como se muestra en la Figura 3.8, de esta manera la ecuación de salida se obtiene:

$$pwm = -\frac{100}{147} * distancia + 100 \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Figura 3.3 Gráfica pwm vs distancia



Gráfica de la variación de pwm vs distancia, Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

Una vez que se conoce la relación de intensidad de vibración con la distancia de los obstáculos, se puede realizar la implementación de acuerdo con el diagrama que se muestra en la Figura 3.9, donde se realiza la medición de la señal emitida y recibida para el cálculo de la distancia, de esta manera se realiza la variación de la intensidad del motor de forma inversa a la distancia del obstáculo, permitiendo movilizarse de forma segura para la ayuda en su traslado.

Figura 3.4 Detección de obstáculo

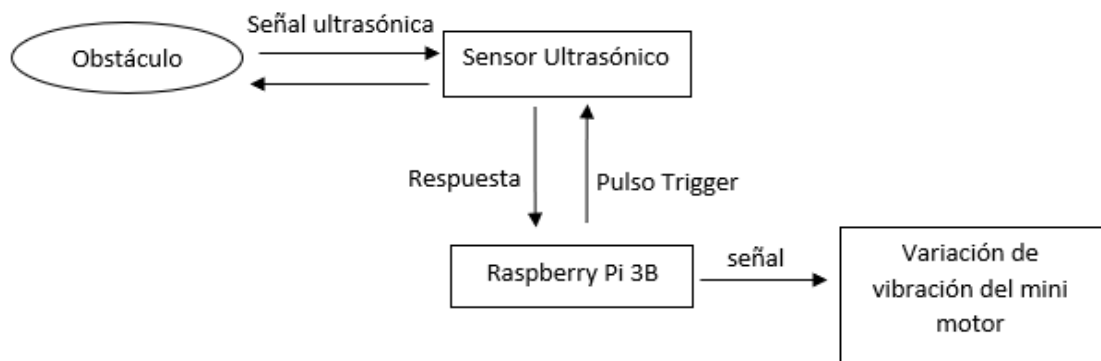


Diagrama de bloques referente a la detección de obstáculos, Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo.

3.11 Sistema de Ubicación

Para el sistema de ubicación se incorpora dos variantes para la seguridad de la persona con discapacidad visual, el primer diagrama de funcionamiento es al momento de querer conocer donde se encuentra por medio de un mensaje de texto, donde el dispositivo le responderá con la ubicación y el familiar podrá acceder con la ayuda de la aplicación Google Maps como se muestra en la Figura 3.10.

Figura 3.5 Sistema de Ubicación

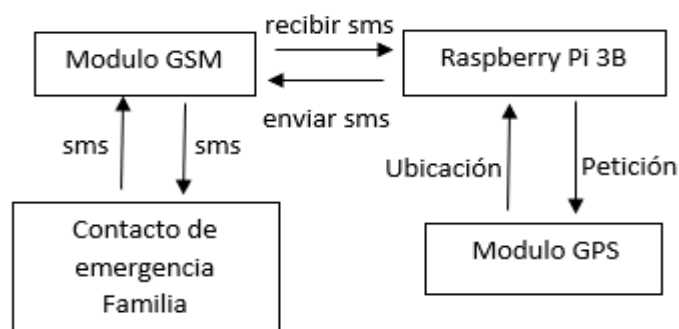
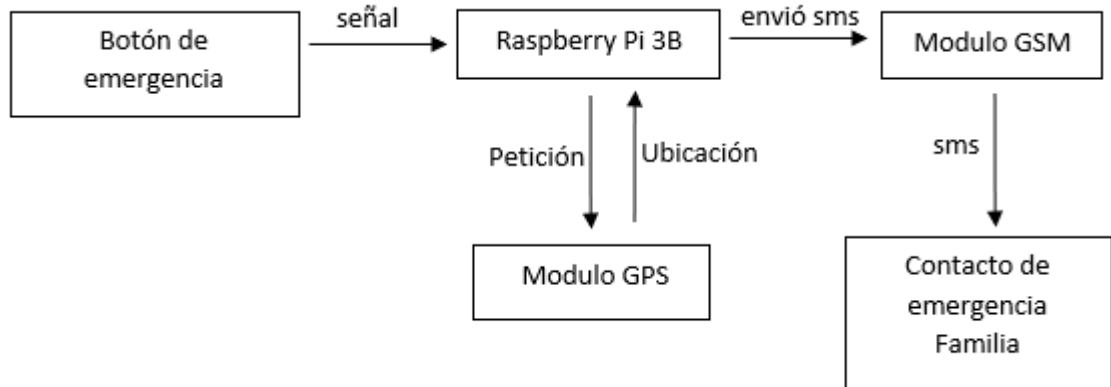


Diagrama de bloques del sistema de ubicación para los familiares de las personas con discapacidad visual Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo.

El segundo diagrama de funcionamiento para el sistema de posicionamiento, se realiza al solicitar ayuda por parte de la persona con discapacidad visual en casos de emergencia haciendo uso del botón de pánico y posteriormente se envía su ubicación a un contacto familiar para que puedan brindarle apoyo; de igual forma el familiar podrá acceder con la aplicación de Google Maps como se muestra en la Figura 3.11, se hace uso de la tecnología que incorpora la SIMCOM 808, para el envío y recepción de mensajes GSM/GPRS y la GPS navegación por satélite para la ubicación con coordenadas.

Figura 3.6 Sistema de Ubicación en caso de emergencia



Ubicación de la persona con discapacidad visual en caso de emergencia, Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

Para su conexión se incorporan dos pines de comunicación serial activos en la Raspberry en los pines 8, 10 de transmisión y recepción de datos respectivamente, los pines del módulo SIM808 ya se encuentran establecidos, es importante mencionar que para que se establezca la comunicación los pines deben ser conectados de forma cruzada, los comandos iniciales de configuración se realizan por medio de comandos AT donde el módulo responde y se verifica el correcto funcionamiento, por lo cual es necesario configurar la velocidad de funcionamiento para la transmisión de datos.

3.12 Descripción de la trama del GPS

El módulo GPS entrega la información mediante el protocolo SiRF o comandos Asociación Nacional de Electrónica Marina (NMEA) usado para comunicación de instrumentos marinos en la transmisión de datos, el comando NMEA utilizado en el

GPS es RMC cuya descripción es el Mínimo de Datos Específicos Recomendados, la trama que recibe el controlador por parte del GPS es la siguiente:

\$GPRMC,081836, A,3751.65, S,14507.36,E,000.0,360.0,130998,011.3,E*62

La descripción de cada uno de los 15 elementos de la trama se muestra en la Tabla 3.6, identificando qué significado tiene cada parámetro, de esta forma hacer uso de la información de latitud y longitud:

Tabla 3.6 Trama del GPS

Campo	Estructura	Descripción	Símbolo	Ejemplo
1	\$GPRMC	Encabezado de trama, tipo de dato		\$GPRMC
2	UTC	Tiempo coordinado universal de la posición	hhmmss.ss	081836
3	Pos status	Estado de la posición	A = dato valido, V= dato invalido	A
4	Lat	Latitud	DDmm.mm	5107.0017737
5	lat dir	Dirección de la latitud	N = Norte, S = Sur	N
6	Lon	Longitud	DDDmm.mm	11402.3291611
7	lon dir	Dirección de la longitud	E = Este, W = Oeste	W
8	Speed Kn	Velocidad sobre el suelo	Nudos (x.x)	0.080
9	track true	Rumbo	Grados (x.x)	323.3
10	Date	Fecha	dd/mm/yy	210307
11	mag var	Variación magnética real, siempre positiva.	Grados (x.x)	0.0
12	var dir	Dirección variación magnética E/W	Variación de este (E) resta del curso verdadero. Variación de oeste (W) se agrega al curso verdadero.	E
13	Mode ind	Indicador de modo del sistema de posicionamiento	A: autónomo D: diferencial E: modo estimado M: entrada manual N: datos no válidos	A
14	*xx	Check sum	*hh	*20
15	[CR][LF]	Terminador de dato		[CR][LF]

Descripción de la Trama recibida del GPS, Fuente:(Novatel, 2018).

En los dos casos mencionados se considera el mismo proceso para la recepción de datos de la posición accediendo mediante comandos AT, por lo cual se activa el GPS y a continuación se obtiene los datos que entrega la trama de información, para poder acceder mediante la aplicación Google Maps que es una plataforma tecnológica para conocer la ubicación de lugares mediante coordenadas en el caso expresado, debido a esto se realiza la transformación de los datos de latitud y longitud receptados; el formato cuenta con los grados y minutos anexados por lo cual se realiza mediante programación su interpretación, se inicia con la división de la trama por medio de la coma que separa cada campo y cada uno se almacena en la posición de un vector, de esta manera se puede acceder a los datos necesarios y validar que el dato recibido contando con la información completa por lo cual se verifica que la cabecera corresponda al tipo de dato válido y que el campo del estado de la posición este en A como dato válido, al tener los datos de latitud y longitud se divide los campos en grados y minutos, se prosigue en la conversión de minutos a decimales dividiendo su valor para 60 dado que cada grado cuenta con 60 minutos y se concatenan los valores obtenidos. Se tiene que considerar que los valores se encuentren correctos de acuerdo a la ubicación con otros dos parámetros importantes que es la dirección de la latitud y longitud, para lo cual se analizan los datos 5 y 7, en el caso de la dirección de la latitud al estar al Norte (N) no se añade ningún signo a su valor, al Sur (S) se debe añadir el signo negativo, de igual forma sucede con la longitud al estar al Este (E) no se agrega ningún signo lo contrario que sucede con Oeste (W) donde es necesario agregar el signo negativo, de esta manera ya se encuentran los valores correctos para poder anexarlos al formato aceptado por la aplicación Google Maps para realizar la búsqueda de una ubicación como se muestra a continuación:

<http://maps.google.com/maps?q=-0.12994999999999998%2C-78.45126666666667>

3.13 Proceso de ubicación mediante SMS

La SIM808 cuenta con el módulo de GSM / GPRS que hace uso de una tarjeta SIM para realizar una comunicación para el envío, recepción de mensajes y llamadas, además, de la conexión a internet, en el caso del prototipo es necesario activar la recepción y envío de mensajes, de esta manera se podrá conocer cuando se solicita la información de la ubicación de la persona con discapacidad por parte del contacto

familiar, por lo cual se verifica que el mensaje sea una trama correcta antes de realizar la petición del posicionamiento anteriormente expuesto.

Una vez que se realiza la recepción del mensaje o se haya pulsado el botón de pánico se arma la información del link de la aplicación Google Maps, para lo cual es necesario añadir el teléfono celular, el cual será el único capaz de conocer la ubicación y serán emitidos todos los mensajes en casos de emergencia para conocer la ubicación de la persona, la trama de recepción que muestra la SIM808 inicia con el comando +CMT que muestra la recepción de mensajes con los datos de la SIM, en Ecuador se tiene el prefijo +593 para todos los celulares seguido del número de identificación de 9 dígitos, fecha, hora y mensaje vinculado como se muestra a continuación:

+CMT: "+593XXXXXXXXXX", "", "18/12/21,12:07:40-20"Mensaje

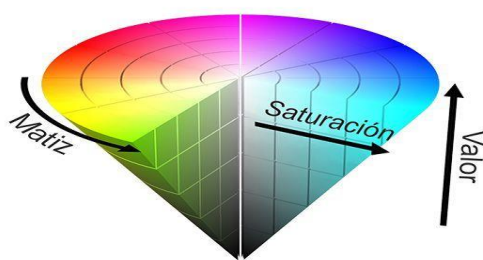
3.14 Sistema de Visión Artificial

Dentro de la visión artificial es necesario contar con la librería OpenCV que otorga una infraestructura adecuada para desarrollar aplicaciones que cuentan con visión artificial, de igual forma es necesario instalar la librería de la Raspberry pi Camera para hacer uso de la interfaz CSI de conexión de la Raspberry, al contar con la librería es necesario configurar la resolución de trabajo en el caso del bastón electrónico se lo fija en 600 x 420 y los fotogramas por segundo o cuadros por segundo en 32, de esta forma se procede con el proceso de detección de flechas para la dirección de la persona con discapacidad visual por un camino seguro, para lo cual se realiza el procesamiento de la imagen con el color azul que representa el símbolo de obligación e información.

3.14.1 Proceso de detección de color mediante la librería Numpy

La librería Numpy es la encargada de proveer arreglos eficientes multidimensionales con varios procesos de cálculos, por lo cual se lo usa en el tratamiento de imágenes, en este caso permite la conversión del espacio de color con los más de 150 métodos que cuenta OpenCV, para la detección de color se hace uso del método de conversión de la imagen cv2.COLOR_BGR2HSV, donde el tono de color varía de 0 a 179, la saturación de 0 a 255 y la intensidad de 0 a 255, de esta manera se obtiene el rango de valores para poder reconocer el color que se desea como se muestra en la Figura 3.12.

Figura 3.7 Modelo de Color HSV



Modelo de color HSV para definir el Matiz, saturación y luminosidad o valor, fuente:(Garrido Satue, 2012)

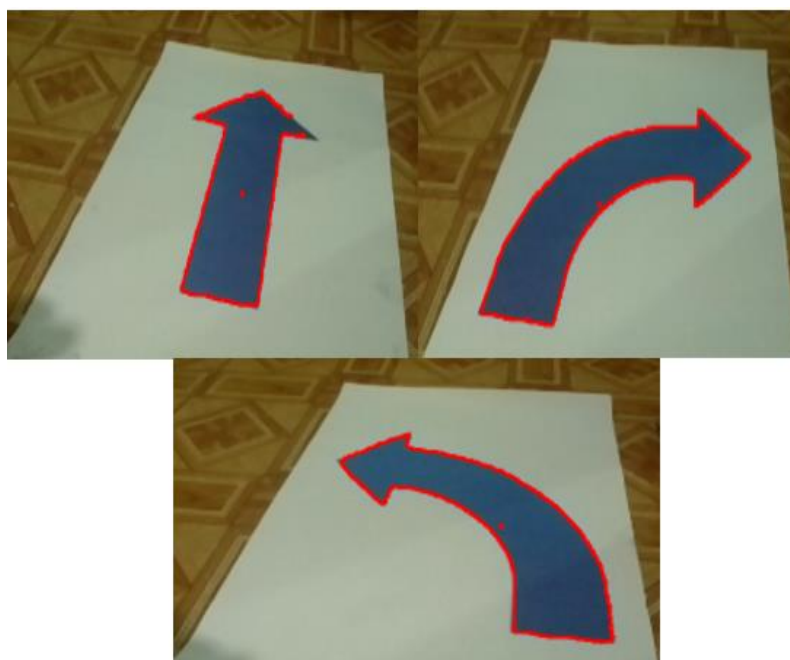
De acuerdo con los datos analizados se tiene el rango de valores tomados para azules tonos bajos hasta azules tonos altos como se muestra en las variables almacenadas, estos se usan para tener la máscara del color que se encuentra en el rango establecido y se ubica el centro del área como se muestra en la Figura 3.13.

```
azul_bajos = np.array([100,65,75], dtype=np.uint8)
```

```
azul_altos = np.array([130, 255, 255], dtype=np.uint8)
```

```
mask = cv2.inRange(hsv, azul_bajos, azul_altos)
```

Figura 3.8 Detección de Color

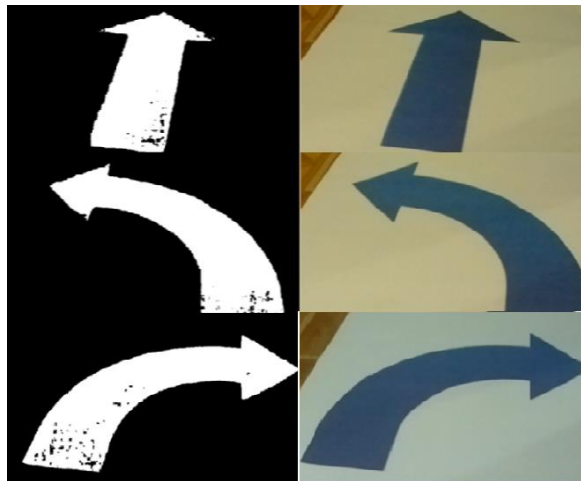


Detección de color de las flechas de izquierda, derecha y adelante. Elaborado: Cristian Molina, Jonathan Condo

3.14.2 Método de suavizado de bordes GaussianBlur

La función u operación de OpenCV considerada la más útil, permite aplicar el desenfoque al tener este filtro gaussiano que realiza la convolución de todos los puntos de la matriz de entrada con el núcleo gaussiano, genera la sumatoria y se obtiene la matriz de salida; permite eliminar ruidos de alta frecuencia considerados los pixeles que cambian de forma rápida en nuestro caso en la detección de color. Se considera número positivo e impar en el ancho y alto del kernel debido a que se debe tener un pixel central, la desviación estándar es igual en x, y se considera uno de ellos y en este caso al ser cero se especifican con el tamaño del kernel. En la Figura 3.14 se muestra el proceso de suavizado de bordes por medio del filtro gaussiano.

Figura 3. 9 Suavizado de Bordes



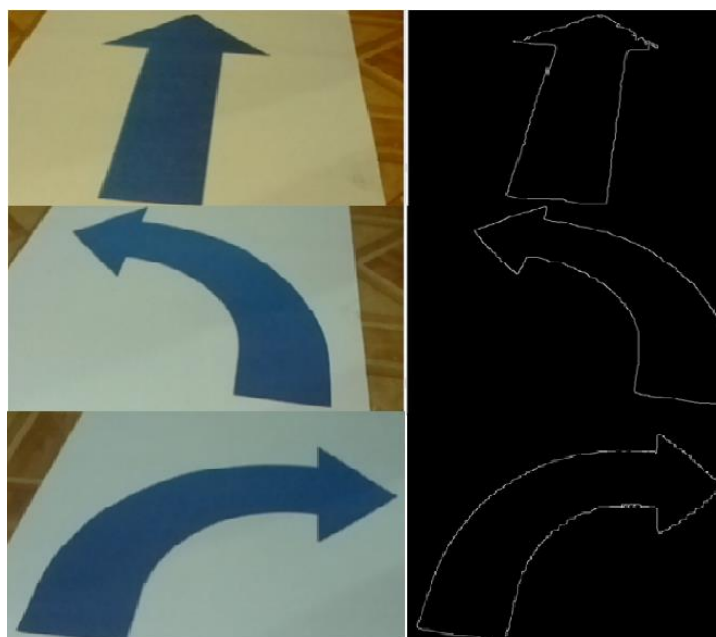
Proceso de suavizado de bordes mediante el filtro gaussiano Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

3.14.3 Método para la detección de contornos Canny

La función realizada por John F. Canny en 1986, permite realizar la detección de bordes dentro de la imagen. Su proceso lo realiza dentro de tres pasos específicos, primero asegura la baja tasa de error con Sobel realizando la primera derivada que permite verificar los cambios de intensidad, segundo la distancia debe ser mínima entre el borde real y detectado en este caso los que cumplan el grosor 1 realizando el gradiente para lo cual usa la supresión non-maximun , por último aplica la respuesta mínima aplicando el umbral por histéresis donde se determina si es parte del borde o no, un pixel dentro de un rango establecido para determinar si se los considera como borde o contorno. Al trabajar únicamente con contornos es decir la forma que no se

considera con saltos, por lo cual se verifica que exista un contorno dentro de la imagen una vez que se haya comprobado la presencia del color y se realiza el dibujo mediante la función drawContours. Como se muestra en la Figura 3.15 en la detección de cada una de las flechas.

Figura 3. 10 Contornos de flechas



Detección del contorno de las flechas derecha, izquierda, adelante Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

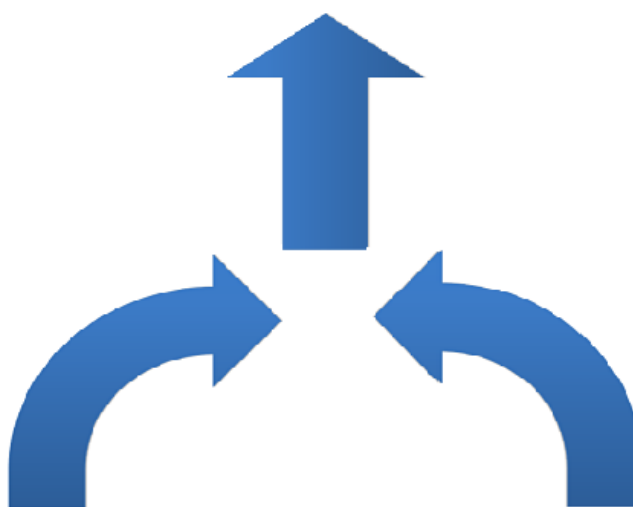
3.14.4 Comparación de Plantillas

La función de comparación de similitud de plantillas se realiza sobre el grado de coincidencia de una imagen en un área específica para lo cual se hace uso de una imagen guardada y la que se está haciendo recepción en tiempo real mediante la Raspberry pi cámara, el proceso para identificar el área se hace desplazar la imagen plantilla con la imagen de origen deslizándola para obtener el grado de coincidencia como buena o mala y los resultados son almacenados en una matriz donde cada posición guarda una métrica de coincidencia, al tener valores según el tipo de coincidencia se realiza el proceso con la función mínima o máxima en la matriz R según el método utilizado, en el caso del bastón electrónico se hace uso del método CCoeff_NORMED o coeficiente de correlación normalizado, donde se basa en la comparación de la plantilla mediante el umbral manejado o coeficiente de coincidencia que varía entre 0 como mínima coincidencia o 1 como máxima coincidencia, se

verifica el punto de comparación mínimo con el cual realiza la detección de la forma con el mensaje indicado, de esta manera se establece el rango manejado para todas las flechas y puedan ser verificadas en el proceso de guía en la persona con discapacidad visual. En el método seleccionado no afecta de manera considerable la variación de brillo y contraste, por lo cual la calibración se realiza en diferentes ambientes permitiendo anular falsas detecciones que desvíen del camino preestablecido a la persona con discapacidad visual.

Las plantillas utilizadas para las flechas de guía se muestran en la Figura 3.16, cada una de las cuales será comparada con la captura real de la Raspberry pi cámara, de esta manera permite guiar a la persona con cada una de ellas que deben estar posicionadas en una ruta que se debe direccionar para realizar el llamado del programa y la adquisición de la matriz que identifican a cada una para poder comparar cuando exista un elemento del color azul identificativo para las señales de información.

Figura 3. 11 Flechas guía



Flechas de guía para personas con discapacidad visual, Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

3.14.5 Librería para la reproducción de audios Mpg321

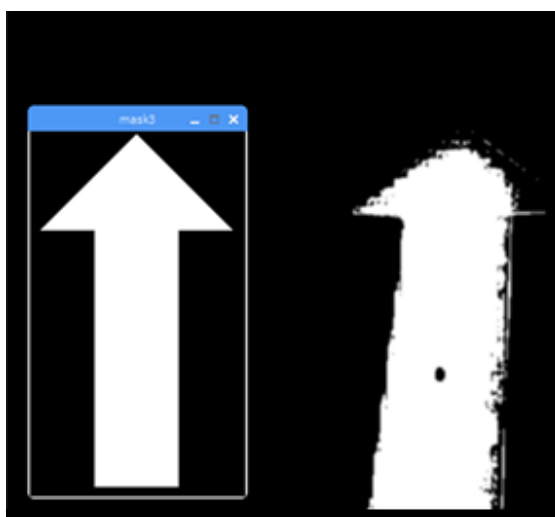
Al estar dentro del umbral de cada una de las plantillas permite reproducir el audio realizando la indicación para cada una de las flechas como son hacia delante, izquierda y derecha, las indicaciones se reproducen a través del auricular, se debe establecer la ruta donde se encuentran ubicados, para la reproducción se hace uso de la librería

mpg321 que permite realizar la reproducción de mp3 a través de las líneas de comando, para lo cual se importa la librería OS que permite acceder al sistema de tal forma como al escribir comandos por consola, de esta manera se dan las indicaciones para el recorrido seguro de la persona con discapacidad visual.

3.14.6 Método de comparación de bordes MatchShapes

Para mejorar el proceso de detección de las plantillas y reducir los errores de detección de las flechas se hace uso de la función matchShapes que permite realizar la comparativa entre dos elementos, en este caso entre la plantilla y la grabación en tiempo real como se muestra en la Figura 3.17, una vez que se reconoce que existe un elemento del color determinado de igual forma se procede a comparar las formas, en este caso se realiza aplicando la máscara de color azul manejando las dos en blanco y negro, de esa manera retorna la métrica de la similitud, se considera mayor coincidencia cuando este valor este acercándose a cero y se comprueba que pertenece a la forma indicada, de esta manera se reducen errores dentro de la reproducción de las indicaciones para la persona con discapacidad.

Figura 3. 12 Comparación de plantilla



Comparación de plantilla, Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo.

CAPITULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

En el capítulo se analiza los resultados del prototipo del bastón electrónico y las pruebas de operabilidad en todos sus sistemas: detección de obstáculos, sistema de posicionamiento y procesamiento de imagen para la guía de la persona en un recorrido seguro.

4.1 Pruebas de distancia frente a un obstáculo

Para la detección de obstáculos se realiza la prueba frente a diferentes distancias verificando el incremento y disminución de la salida PWM hacia el motor acoplado en el mango del bastón que va a vibrar de forma inversa a la distancia a la que se encuentra el obstáculo, de esta manera en la Figura 4.18 se verifica la salida de la distancia procesada y PWM de acuerdo con el tiempo de viaje de la señal del sensor ultrasónico.

Figura 4. 1 Procesamiento de Distancia y PWM

```
distancia
2265.1692589651184
pwm: 0.1
b''
distancia
59.32554006576538
pwm
61.642409751180915
b''
distancia
56.16074800491333
pwm
63.795409520467125
b''
distancia
51.916491985321045
pwm
66.68265851338705
b''
distancia
26.929354667663574
pwm
83.68071111043294
b''
distancia
10.937750339500057
pwm
94.55935351853874
b''
distancia
2282.2362303733826
pwm: 0.1
b''
distancia
19.855594635009766
pwm
88.49279276529948
b''
distancia
45.76681852340698
pwm
70.86610904802246
b''
distancia
58.30880641937256
pwm
55.53142420450847
b''
```

Dato del procesamiento de Distancia y PWM Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

En la Tabla 4.7, se comprueba los diferentes resultados obtenidos mediante la recepción de la señal por medio del sensor ultrasónico al calcular la distancia y el valor

esperado en la formula implementada en la ecuación 3.1, como resultado se obtiene un error del 3,22% entre los datos teóricos y prácticos que no influyen de manera considerable en su funcionamiento y se deben a la variación del tiempo de viaje de la señal del sensor.

Tabla 4.7 Verificación de salida PWM

N°	Distancia (cm)	PWM Emitido (%)	PWM Calculado (%)	Error (%)
1	15	88,1	89,80	1,89
2	30	77,66	79,59	2,43
3	45	68,88	69,39	0,73
4	60	58,22	59,18	1,63
5	75	47,11	48,98	3,82
6	90	37,57	38,78	3,11
7	105	26,98	28,57	5,57
8	120	18,22	18,37	0,80
9	135	8,01	8,16	1,88
10	143	2,44	2,72	10,33
				3,22

Verificación teórica del procesamiento de Distancia y PWM Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

4.2 Pruebas de ubicación de la persona

El proceso de envío de mensajes al momento de presionar el botón de pánico inicia con el cambio de nivel o estado y se verifica en el monitor serial que inicia con el comando de comunicación con el módulo SIM808, donde se recibe la trama del GPS para realizar la identificación de latitud y longitud como se muestra en la Figura 4.19, de esta manera se estabiliza y realiza el envío del mensaje al celular establecido como contacto de emergencia de acuerdo con el formato establecido.

Figura 4.2 Identificación de latitud y longitud

```
SMS received. Content:
b''
b'AT\r\n'
b'OK\r\n'
b'$GPRMC,171849.000,A,0007.7917,S,07827.0789,W,0.65,205.38,291218,,,A*6E\r\n'
GPS received. Content:
b'$GPRMC,171850.000,A,0007.7897,S,07827.0776,W,0.35,71.50,291218,,,A*55\r\n$GPRM
C,171851.000,A,0007.7955,S,07827.0789,W,0.14,126.17,291218,,,A*68\r\n$GPRMC,1718
52.000,A,0007.7948,S,07827.0792,W,0.72,234.65,291218,,,A*68\r\n$GPRMC,171853.000
,A,0007.7952,S,07827.0790,W,0.74,224.73,291218,,,A*60\r\n'
b''
latitud: %s b'0007.7897'
longitud: %s b'07827.0776'
latitud:%f -0.129816666666666666
longitud:%f -78.451283333333334
b'AT+CMGS="0998451534"\r\n\r\n'
b'> $GPRMC,171855.000,A,0007.7955,S,07827.0800,W,0.13,102.38,291218,,,A*6E\r\n\r
\n> Test SMS Modulo de Discapacidad Visual : \nhttp://maps.google.com/maps?q=0.12
9816666666666666,-78.451283333333334\r\n> $GPRMC,171856.000,A,0007.7948,S,07827.07
88,W,0.12,180.25,291218,,,A*69\r\n$GPRMC,171857.000,A,0007.7952,S,07827.0789,W,0
.28,49.66,291218,,,A*58\r\n$GPRMC,171858.000,A,0007.7954,S,07827.0791,W,0.29,212
.03,291218,,,A*66\r\n$GPRMC,171859.000,A,0007.7950,S,07827.0791,W,0.24,127.40,29
1218,,,A*6C\r\n\r\n+CMGS: 166\r\n\r\nOK\r\n$GPRMC,171900.000,A,0007.7969,S,07827
.0795,W,0.32,86.77,291218,,,A*56\r\n'
2293.161714076996
b'$GPRMC,171901.000,A,0007.7966,S,07827.0779,W,0.07,329.81,291218,,,A*63\r\n$GPR
MC,171902.000,A,0007.8002,S,07827.0766,W,0.47,316.82,291218,,,A*61\r\n'
```

Identificación de longitud por el botón de pánico Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

El teléfono realiza la recepción del mensaje de texto como se observa en la Figura 4.20.

Figura 4.3 Recepción de mensaje de ubicación



Recepción del mensaje de la ubicación de la persona no vidente, Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

De esta manera se puede acceder de forma inmediata autorizando a la aplicación como se observa en la Figura 4.21, de esta manera se direcciona a la aplicación de Google Maps.

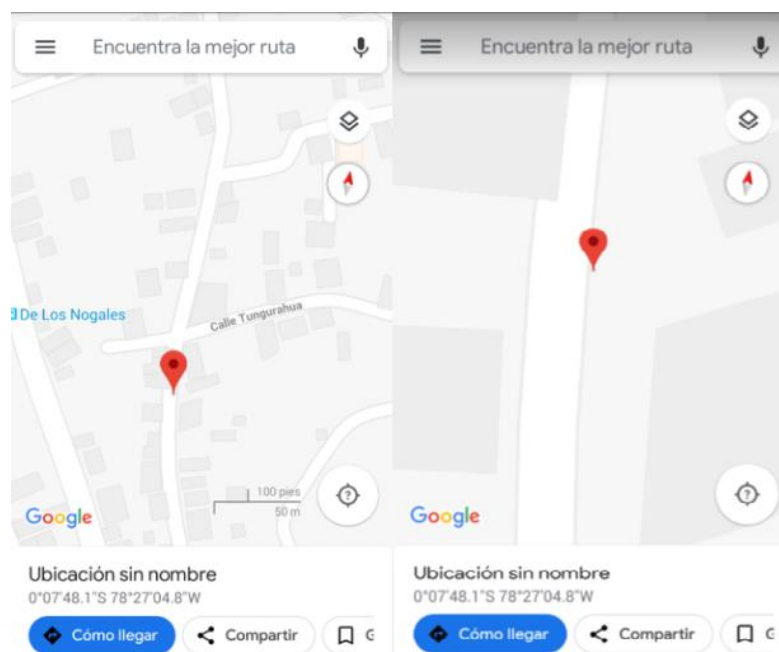
Figura 4.4 Acceso y vínculo de la aplicación Google Maps



Vínculo para el acceso a la ubicación mediante Google Maps, Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

En la aplicación se direcciona a la ubicación y se identifica la misma por el símbolo representativo al buscar un lugar, de esta manera se conoce la ubicación de la persona al momento que pide ayuda por medio del botón de pánico, se puede navegar para conocer el trayecto haciendo uso de las herramientas de la aplicación como se observa en la Figura 4.22 y acudir a la emergencia suscitada.

Figura 4.5 Ubicación mediante Google Maps



Ubicación mediante la aplicación de Google Maps Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

Al igual que en el caso anterior, la variación es el proceso de reconocimiento del mensaje cuando un familiar desea conocer la ubicación de la persona con discapacidad visual, de igual forma la comunicación serial reconoce la recepción y accede a la ubicación por medio del GPS y envía la respuesta al teléfono de contacto, únicamente tiene acceso el dispositivo que fue configurado previamente como teléfono de confianza para el envío de la información de la persona con discapacidad visual.

En los equipos de ubicación comerciales existe un error al tomar los valores de su posición tanto en latitud como longitud, por lo cual se realiza la toma de varios puntos para obtener el error con el cual está trabajando el módulo GPS donde los datos obtenidos se presentan en la Tabla 4.8, las causas de la variación de las medidas entre los puntos con el dispositivo y el posicionamiento del GPS se dan por varias circunstancias en el proceso de transmisión de los datos:

Tabla 4.8 Error del Sistema de Ubicación

SMS		REAL		DISTANCIA
Longitud	latitud	longitud	latitud	error(m)
78,45137	0,13002	78,451396	0,129818	10,7
78,451408	0,12983	78,451334	0,129405	8
78,451317	0,12935	78,45141	0,12977	7,8
78,451286	0,1303	78,451356	0,130118	11,7
78,451279	0,13062	78,451187	0,130638	10,4
78,451073	0,13099	78,450981	0,1309	4,3

Error Obtenido del sistema de Ubicación Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

La señal del GPS se ve afectada y retrasada por varios fenómenos entre los cuales se tiene: Error de polarización el cual es un error causado principalmente por factores externos, como el satélite o la ionosfera, es posible reducir el error utilizando una medición a largo plazo, mediante la toma de varias muestras generando un error aleatorio cercano a cero (Ogino, 2018). El error aleatorio depende directamente de cada dispositivo y la tecnología que este haga uso.

Otro de los problemas es en base a la infraestructura junto al bastón que produce el efecto multi-ruta indica que hay dos o más personas viajando caminos de señal de un

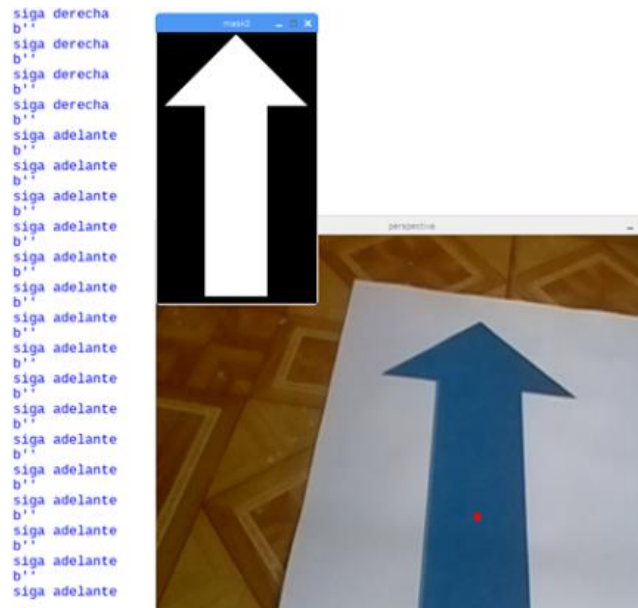
satélite a receptores. La señal directa se llama la señal de línea de vista (LOS), mientras que las otras son señales reflejadas, este reflejo de la señal a menudo ocurre en un ambiente con muchos edificios altos como el centro de la ciudad (Miura, Hsu, Chen, & Kamijo, 2015) y de esta manera los datos que se obtienen afectan a su funcionamiento, la señal se ve afectada dando el error analizado, bajo tales condiciones, el GPS de 20 m o más (Rohrer, 2017). Los datos se analizaron debido a que las personas con discapacidad visual se trasladan por medio de la ciudad y en su viaje se encuentran edificios lo cual va a generar un error, pero el mapeo que se realiza para disminuir el error, de igual forma los datos se manejan en la aplicación de Google Maps donde toma sugerencias de puntos cercanos de su base de datos y ajusta la posición. Para maximizar la precisión, se debe utilizar el GPS a cielo abierto para evitar problemas debido a la oclusión.

4.3 Pruebas de detección de formas

En el proceso de detección de formas se realiza el procesamiento de las imágenes de forma conjunta pasando desde la detección de color azul para las señales de información, en el caso particular se considera las flechas de color azul y fondo blanco, una vez que se establece el color se aplica el método de vista de ave hacia el centro de la forma, se realiza el proceso de detección de bordes y contornos, se suavizan los contornos y se realiza la comparación de plantillas en el caso de las flechas izquierda y derecha, para la flecha hacia adelante se aumenta la comparación de bordes para la disminución de errores en el proceso de detección, una vez que se reconoce la flecha se puede realizar el proceso de reproducción de sonidos para indicar el camino a tomar a la persona con discapacidad visual mediante los auriculares incorporados en la Raspberry pi 3b.

Para la detección y reconocimiento de la flecha de frente se verifica en la ventana de comunicación serial la reproducción del audio y el mensaje de adelante, dentro de la prueba de reconocimiento se llega al valor mínimo de 0.43 dentro del umbral para el reconocimiento de la flecha adelante, para evitar confusiones dentro del recorrido para esta imagen se realiza la comparación de bordes en la Figura 4.23 se comprueba el resultado que se obtiene al identificar la flecha en el recorrido.

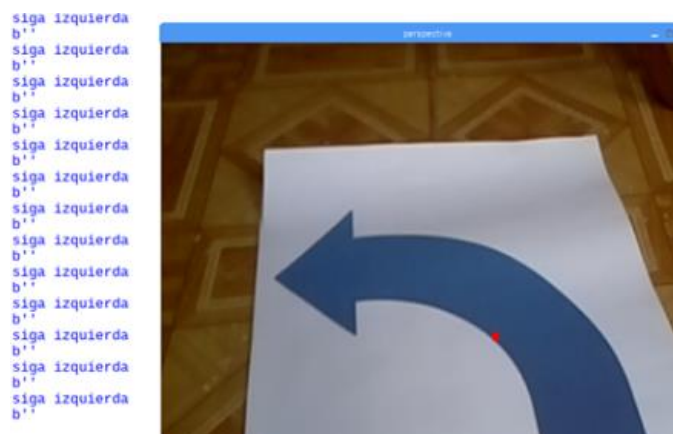
Figura 4.6 Reconocimiento de la Flecha adelante



Reconocimiento de la flecha hacia delante Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

En la flecha izquierda y derecha se llega al menor umbral para identificar de forma correcta e inmediata al valor de 0.59, para llegar a este valor se comprueba al incrementar en una décima hasta que no existen detecciones falsas o no realiza de forma correcta la identificación de la plantilla. En la Figura 4.24 se reconoce la flecha a la izquierda dentro del recorrido y dentro de la ventana de comunicación serial la reproducción del sonido y el mensaje de la guía a la persona.

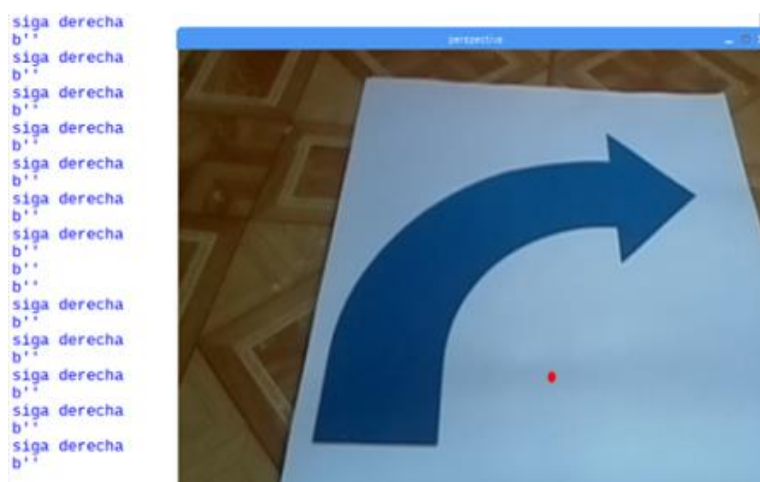
Figura 4.7 Reconocimiento de la Flecha adelante



Reconocimiento de la flecha hacia la izquierda, Elaborada por: Cristian Molina, Jonathan Condo

De igual forma sucede con la flecha hacia la derecha como se observa en la Figura 4.25 al ser reconocida dentro del recorrido da el mensaje por medio de la ventana de comunicación serial y la reproducción del audio, de esta manera se verifica que dentro del recorrido no se realicen detecciones falsas y se confunda con colores azules que se encuentran dentro del ambiente de recorrido por lo que se verifica que el grado de coincidencia sea un valor que permita evadir las formas que no pertenecen a las plantillas.

Figura 4.8 Reconocimiento de la Flecha adelante



Reconocimiento de la flecha hacia la derecha, Elaborada por: Cristian Molina, Jonathan Condo

4.4 Validación del bastón electrónico

Para la validación del prototipo se realizan varias pruebas por parte de las personas con discapacidad visual administrativos y estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana del Campus El Girón, se genera la comparativa de uso con el bastón habitual que usan en sus recorridos para generar una tabulación de la experiencia y el grado de aceptación de las personas con discapacidad visual al hacer uso del bastón electrónico.

Para la validación se generan las siguientes tablas donde se muestra el correcto reconocimiento de las diferentes flechas de forma correcta e incorrecta generando el error dentro del funcionamiento del bastón electrónico en el recorrido de las personas con discapacidad por lo cual se analizan los resultados obtenidos a continuación.

Para la flecha hacia el frente se realiza 10 diferentes muestras como se muestra la Tabla 4.9, en la primera parte de forma estática para la obtención de la indicación y los resultados que se obtiene dentro del recorrido son los siguientes:

Tabla 4.9 Flecha adelante estática

Flecha	Orden Recibida	Correcto/Incorrecto
Frente	Frente	Correcto
Frente	Frente	Correcto
Frente	Frente	Correcto
Frente		Incorrecto
Frente	Frente	Correcto
Frente		Incorrecto
Frente	Frente	Correcto
Frente	Frente	Correcto
Frente	Frente	Correcto
Frente	Frente	Correcto

Indicación del bastón estático con la flecha frente, Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

Se observa que en la adquisición de las órdenes recibidas de los 10 datos adquiridos se encuentran sin indicación dos de las flechas establecidas generando un error del 20% del total de datos adquiridos, de igual forma se realiza las pruebas en movimiento como se muestra en la Tabla 4.10 y los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 4.10 Flecha adelante en movimiento

Flecha	Orden Recibida	Correcto/Incorrecto
Frente	Frente	Correcto
Frente	Frente	Correcto
Frente	Izquierda	Incorrecto
Frente	Frente	Correcto
Frente	Frente	Correcto
Frente	Frente	Correcto
Frente	Frente	Correcto
Frente	Frente	Correcto
Frente	Frente	Correcto
Frente	Frente	Correcto

Indicación del bastón en movimiento con la flecha frente, Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo.

Se genera un error del 10 %, al recibir una indicación incorrecta en la apreciación de la detección de forma hacia el frente debido al incorrecto procesamiento de la imagen.

Para la flecha hacia la izquierda de igual forma en estado estático se realiza la adquisición de las 10 muestras como se muestra en la Tabla 4.11, donde de los resultados obtenidos, son los siguientes en la recepción de la indicación:

Tabla 4.11 Flecha izquierda estático

Flecha	Orden Recibida	Correcto/Incorrecto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto

Indicación del bastón estático con la flecha izquierda, Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

Se obtiene un resultado sin errores dentro de la adquisición de la indicación al realizar las pruebas, de igual forma en la detección dentro de un recorrido los resultados se presentan en la Tabla 4.12:

Tabla 4.12 Flecha izquierda en movimiento

Flecha	Orden Recibida	Correcto/Incorrecto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto
Izquierda	Izquierda	Correcto

Indicación del bastón en movimiento con la flecha frente, Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

De igual forma el resultado es correcto en todas las muestras tomadas, el mismo proceso de prueba se realiza para la detección de la forma hacia la derecha en primera instancia en estado estático como se muestra en la Figura 4.13.

Tabla 4.13 Flecha derecha estático

Flecha	Orden Recibida	Correcto/Incorrecto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto

Indicación del bastón estático con la flecha derecha, Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

Los resultados son todos correctos, se analiza la detección de las flechas hacia la izquierda dentro del recorrido como se muestran en la Tabla 4.14:

Tabla 4.14 Flecha derecha en movimiento

Flecha	Orden Recibida	Correcto/Incorrecto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto
Derecha	Derecha	Correcto

Indicación del bastón en movimiento con la flecha derecha, Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

Se obtiene los resultados correctos en todas las muestras realizadas como se muestra en la Tabla 4.15 y la representación gráfica en la Figura 4.26 , los errores varían de acuerdo con las condiciones de luminosidad del ambiente por lo cual se establece un

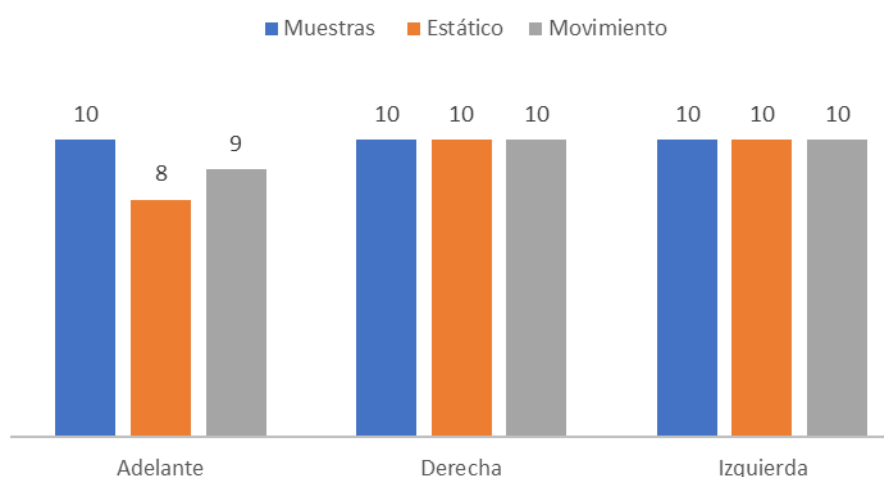
ambiente donde existe la cantidad de luminosidad adecuada permitiendo una detección correcta de colores para la identificación de las diferentes plantillas establecidas en el proceso de guía por un recorrido seguro para las personas con discapacidad visual.

Tabla 4.15 Resultados de Identificación de flechas

N° de muestras	Tipo de Flecha	Estático	En movimiento
10	Frente	80%	90%
10	Derecha	100%	100%
10	Izquierda	100%	100%

Resultados de Identificación de flechas frente, derecha, izquierda, Elaborado por Cristian Molina, Jonathan Condo.

Figura 4. 9 Pruebas de detección de flechas



Pruebas de detección de flechas adelante, derecha, izquierda. Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

4.5 Resultados obtenidos con personas no videntes

Al realizar las pruebas del bastón electrónico con personas no videntes del Departamento Unesco de la Universidad Politécnica Salesiana, se obtiene la tabla de valoraciones de la experiencia al hacer uso del bastón electrónico por parte de las 5 personas que dieron su criterio como se observa en la Tabla 4.16, donde se considera el 1 como el mínimo valor de calificación y el 5 como el de mejor calificación:

Tabla 4.16 Valoraciones de uso del bastón electrónico

Nº de personas	Costo	Peso	Funcionamiento	Utilidad
1	5	3	4	5
2	5	3	4	5
3	5	3	5	5
4	5	4	5	5
5	5	5	5	5

Valoración de uso del bastón electrónico Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo

4.6 Relación de costos con dispositivos en el mercado

En el mercado existen diferentes tipos de dispositivos que ayudan a las personas con discapacidad visual, cada uno cuenta con diferentes prestaciones de acuerdo con la tecnología utilizada, los dispositivos de similares características a los del bastón electrónico se muestran en la Tabla 4.17, donde se realiza la comparativa de utilidades y de costos, se aprecia que el bastón electrónico resulta de menor valor con mayor cantidad de prestaciones.

Tabla 4.17 Relación de costos con dispositivos en el mercado

Tipo de bastón	Wewalk	Tom Pouce y Teletacto	Bastón electrónico
Característica	<ul style="list-style-type: none"> -Tienen incorporado sensores ultrasónicos que alertan obstáculos mediante motores vibradores. -Tiene Bluetooth para acceder a aplicaciones como Google Maps para poder llegar a cualquier destino mediante un altavoz. -Posee una pantalla táctil para una fácil manipulación del teléfono celular. 	<ul style="list-style-type: none"> Mide la distancia de los objetos mediante rayos láser. -Trasmite la información correspondiente al usuario a través de sonidos o vibraciones emitidos por un pequeño dispositivo como de un control remoto de tv que se lleva adherido a la mano 	<ul style="list-style-type: none"> -Posee un sensor ultrasónico para detección de objetos a través de variación de intensidad. -Tiene sistema de ubicación por medio de mensajes por un botón de pánico. -Tiene visión artificial para la detección de formas para la guía del camino a través de audio.
Precio	\$349	\$874, \$2623	\$250

Relación de costos con dispositivos en el mercado Elaborado por: Cristian Molina, Jonathan Condo.

CONCLUSIONES

El sistema de posicionamiento por medio del botón de pánico o sms por parte de un familiar, genera un error de ubicación con respecto a los dispositivos móviles comerciales de hasta 12 metros en comparación a los dispositivos en general que pueden llegar a 50 metros, debido al efecto multi-ruta de la señal que se ve afectada más en zonas de muchos edificios dentro de la ciudad o retrasos en la ionosfera y la troposfera, por lo cual para mitigar estos errores se realiza una medición de largo plazo se obtienen errores que no afectan el funcionamiento adecuado del bastón electrónico.

El bastón electrónico proporciona diferente información, permitiendo la detección de obstáculos, ubicación en tiempo real y reconocimiento de símbolos, de esta manera busca mejorar la calidad de vida de las personas que tienen discapacidad visual y la de sus familiares, ayudando en su seguridad y movilidad. Mediante la vibración del bastón logra reconocer la distancia a la que se encuentran los obstáculos, además cuenta con un botón de pánico para casos de emergencia debido que son vulnerables a tener accidentes o perderse, por lo tanto, la familia como emergencias puedan acudir y aseguren su integridad, adicional si los familiares quieren saber la ubicación, tiene la opción de enviar un SMS el cual será respondido de manera automática.

Al apoyarse en visión artificial, el bastón electrónico mejora la movilidad de las personas con discapacidad visual en recorridos seguros preestablecidos, mediante flechas de obligación según la norma de simbología de color azul, la detección de las flechas guías en ambientes de luminosidad adecuados, se obtiene un error en estado estático del 20% para la flecha hacia el frente y nulo en las flechas izquierda y derecha; de igual forma se realiza el análisis de detección en el traslado donde disminuye el error en la detección de la flecha hacia el frente al 10% y las flechas derecha e izquierda no se obtienen errores, estos errores varían de acuerdo a las condiciones de luz que afectan la detección dando señales falsas de color.

En suma, de la mejora del traslado de la persona con discapacidad visual, se hace uso de audios para guiarla por lo cual se considera el uso de auriculares debido a que en ambientes de mucho ruido o por sonidos del ambiente no pueden escuchar las alertas,

de esta manera la indicación se dirige y no influye en la contaminación auditiva del ambiente.

El sistema de ubicación incorporado es una herramienta de seguridad para las personas con discapacidad visual ,debido a que el usuario no tiene que utilizar un celular o cualquier otro tipo de dispositivo para alertar a sus familiares de un accidente o extravió del mismo , sino que al accionar el botón de pánico, su posición será enviada al teléfono seleccionado de confianza y con esto el familiar podrá tener acceso a la ubicación de la persona mediante la aplicación de Google Maps, también si el familiar quiere conocer en donde se encuentra el usuario podrá hacerlo mediante un mensaje de texto dirigido al número asignado al bastón.

El bastón electrónico se fabricó de manera que los componentes sean de bajo costo en relación a bastones existentes comerciales como son Tom Puce con un valor de \$874.36, Teletacto con un valor de \$2623 y Wewalk con un valor de \$349, los cuales poseen similares características, reduciendo en un 91%, 72% y 29% el precio respectivamente en comparación al prototipo que tiene un valor de \$250 como se observa en la Tabla 4.17.

Las pruebas del bastón electrónico se realizaron en el departamento Unesco de la Universidad Politécnica Salesiana, los cuales 5 personas con discapacidad visual utilizaron y verificaron los sistemas de detección de obstáculos, visión artificial y ubicación Gps; los puntos a considerar fueron el costo con el 100% de aprobación, el peso con el 72%, el funcionamiento con el 92% y la utilidad con el 100%, obteniendo un porcentaje de validación de un 91% en las pruebas realizadas.

RECOMENDACIONES

Debido a las variaciones de luminosidad en diferentes ambientes y la ubicación de la cámara en el bastón, es necesario hacer una calibración del ambiente previo a la detección de formas, para que la luz no afecte el reconocimiento. De esta manera se mejora la detección y traslado por lugares cerrados y abiertos.

Para aumentar la velocidad de procesamiento se puede hacer uso de tarjetas de desarrollo más potentes en características o diseñar una placa que se acondicione a las utilidades necesarias considerando que debe mantener la accesibilidad para las personas con discapacidad visual.

Deben implementarse mejoras en la tecnología GPS, para acceder a lugares cerrados y la ubicación de la persona con discapacidad visual sea más precisa y no exista lugares en los cuales no se cuente con la señal para determinar su ubicación.

Es necesario mantener apoyado sobre el suelo de forma estable el bastón electrónico para generar una detección correcta de la simbología establecida, caso contrario no se permite fijar la imagen y se producen defectos en el reconocimiento produciendo alertas falsas.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrea Puga. (25 de 1 de 2018). ¿Cómo es Quito a ciegas? Tres personas no videntes relatan su día a día en la ciudad . *¿Cómo es Quito a ciegas? Tres personas no videntes relatan su día a día en la ciudad* , pág. 1.
- Basterrechea Estella, M. P., Santos, C. B., Echeverría Arellano, M. J., Lagrava Alcañiz, R. M., Matey García, M. A., Reyes Llaveró, D., . . . Rodríguez de Luengo, M. R. (2011). *Discapacidad Visual y Autonomía Personal*. Madrid.
- Caiza, G., & García , M. (2017). Implementación de sistemas distribuidos de bajo costo bajo norma IEC-61499, en la estación de clasificación y manipulación del mps 500. *Ingenius*, 3.
- Comercio, E. (12 de 12 de 2013). *Los no videntes hallan más trabas que dificultan su caminar*, pág. 1.
- Consejo Nacional para igualdad de discapacidades. (2018). personas con discapacidad registradas. *Consejo Nacional para igualdad de discapacidades*, 1.
- Grupo Investigación – Acción Helen Keller. (2014). Extracto entrevista a Helen Keller -1916. *Grupo Investigación – Acción Helen Keller*.
- Organización mundial de la salud. (2017). Ceguera y discapacidad visual. *Organización mundial de la salud*, 1.
- VISION 2020. (2014). Cifras de Ceguera en Latinoamérica. *Vision 2020 Latinoamericana Boletín trimestral*, 1.
- Alvarez, J. A. (2017). *Implementación de un sistema de Monitoreo para personas con discapacidad moderada utilizando hardware y software libre*. Quito. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19036/1/CD-8433.pdf>
- Alvarez Rodrigo, A. (2014). Sistema de sensorización haciendo uso de Raspberry Pi para su uso e implantación en un entorno inteligente, 1–2. Retrieved from http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/3528/TFGUEx_2014_Alvarez_Rodrigo.pdf
- Apolinario, E., Lima, J., Farias, T., & Silva, D. (2007). *REAL-TIME PATTERN RECOGNITION USING THE OPENCV LIBRARY*. Retrieved from

https://www.researchgate.net/publication/265311134_REAL-TIME_PATTERN_RECOGNITION_USING_THE_OPENCV_LIBRARY

- Bradski, G. R., & Kaehler, A. (2008). *Learning OpenCV : computer vision with the OpenCV library*. O'Reilly.
- Carranco, C. A. (2018). *DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LA CONDUCCIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO POR EL ROBOT BÍPEDO HUMANOIDE NAO USANDO TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba. Retrieved from <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/8698/1/20T01054.pdf>
- Castilla, R. M., & Meza, V. M. (2005). *Descripción y evolución de tecnologías para redes de datos*. Universidad Tecnológica de Bolívar. Retrieved from <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0032077.pdf>
- Chillagano, P. R. (2017). *Google Maps Como Herramienta De Sensibilización Vial*. Instituto Politécnico de Leiria.
- Chirinos, G., Toran, J., & Gilbert, N. (2016). MÁS DE 200.000 PERSONAS CON SORDOCEGUERA. 19-12-2016, 16. Retrieved from www.fesoce.org
- FREIRE, E. Z., & IDROVO, E. C. (2012). Diseñar Un Sistema De Seguridad Industrial En El Laboratorio De Termofluidos De La Fimcp-Espol, 223. Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/21164>
- García, V. (2016). Auxiliares de movilidad discapacidad visual . en la Terapia asistida por perros : perros.
- Garrido Satue, M. (2012). *RECONOCIMIENTO DE SEÑALES DE TRÁFICO PARA UN SISTEMA DE AYUDA A LA CONDUCCIÓN*. Retrieved from http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70448/fichero/10_Apendice.pdf
- Gomis, P. (2018). Fundamentos de Programación en Python Pedro Gomis-Roman, (May).
- IEEE. (2014). *Diseño de un bastón*. Retrieved from <https://docplayer.es/12138654-Diseno-de-un-baston-proporcionado-por-tryengineering-www-tryengineering-org.html>

- Lafuente de Frutos, Á., Guil Torres, R., Monasterio, M. M., & Allidem, M. A. (2018). DISCAPACIDAD VISUAL. Retrieved December 27, 2018, from http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_6/mo6_introduccion.htm
- Macías, R. P. (2015). Realidad de las personas con discapacidad visual y escolaridad inconclusa en “San Pablo” de Manta y propuesta de Guía de estrategias metodológicas para potenciar el aprendizaje de lectoescritura., 1–144. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10032/1/UPS-GT000857.pdf>
- Martinez, A. (2012). *Baston Blanco Para Prevenir Obstaculos*. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Retrieved from <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/11470/21.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Relaciones Laborables. (2013). *Señalización. Requisitos*. Quito.
- Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. (n.d.). Señales Verticales. *Manual de Señalización de Tránsito*, 1–91.
- Ministerio de Turismo. (2014). *MANUAL DE SEÑALIZACIÓN TURÍSTICA*. Quito. Retrieved from <https://jorgepaguay.files.wordpress.com/2011/10/manual-sec3b1alizac3b3n-25-08-2011.pdf>
- Miura, S., Hsu, L., Chen, F., & Kamijo, S. (2015). GPS Error Correction With Pseudorange Evaluation Using Three-Dimensional Maps, *16*(6), 3104–3115.
- Molina, J. I. (2012). *Sistema didáctico de posicionamiento global aplicado a la navegación aérea*. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. Retrieved from http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1881/1/Sistema_didáctico_de_posicionamiento_global_aplicado_a_la_navegación_aéreo.pdf
- Murillo, O., & Serna, C. (2017). *Prototipo de baston inteligente para personas con limitacion visual*. *Journal of Personality and Social Psychology*. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE PEREIRA FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2010.02280.x>

- Novatel. (2018). GPRMC. Retrieved December 25, 2018, from https://docs.novatel.com/OEM7/Content/Logs/GPRMC.htm?fbclid=IwAR01MNcDf-IPG9TOjnb2Dqm2biOQ18MxAUZYIJM_8yOO5XndHXHIq6TW9rk
- Ogino, T. (2018). GPS Improvement System Using Short-Range Communication. In *2018 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)* (pp. 82–87). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCNC.2018.8390364>
- Olivieri Maria Natalia. (2012). *Como recibir y conducir un invitado ciego en un evento protocolar*. (primera ediciom). Buenos Aires: abril 2012. Retrieved from http://ciapat.org/biblioteca/pdf/1202-La_ceguera_en_el_ceremonial_como_recibir_y_conducir_un_invitado_ciego_en_un_evento_protocolar.pdf
- Rohrer, J. P. (2017). Effects of GPS error on geographic routing. *2017 26th International Conference on Computer Communications and Networks, ICCCN 2017*, 4–5. <https://doi.org/10.1109/ICCCN.2017.8038475>
- Rubio, V. T. (2015). *Sistema de reconocimiento de matrículas y gestión de acceso en una plataforma embebida*. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA, Cartagena. Retrieved from <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4835/pfc6249.pdf;sequence=1>
- Sanchez, C. A. (2013). *Comparación de los Métodos de Levantamiento Catastral: con GPS diferencial Y ortofotografías del caserío de Santa Rosa de Tananta - Provincia de tocache*. Universidad Nacional Agraria de la Selva .
- Sanchez, J. A. (2012). *Analisis y Estudio de Redes GPRS*. Universidad Austral de Chile. Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcis211a/doc/bmfcis211a.pdf>
- Santillan, L. G., & Nuñez, M. C. (2010). *Diseño Y Contruccion De Un Baston Electronico Como Ayuda a Personas Con Discapacidad Visual*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES.
- SIMCOM. (2014). SIM808_Hardware Design_V1.00, 1–67.

Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2013). *OpenCV Computer Vision with Python*. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

U.S.Air Force. (2017). GPS.gov: GPS Overview. Retrieved December 17, 2018, from
<https://www.gps.gov/systems/gps/>